

APLICACIÓN DE MULTIMETODOLOGÍAS PARA LA GESTIÓN Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS SOCIO-TÉCNICOS

PL

TOPSIS

AHP

DEA

SSM

SMAA

Procesos DRV

SODA



Universidad
Nacional
de Córdoba



FCE
Facultad de Ciencias
Económicas

Compiladores

ZANAZZI, José Luis - ALBERTO, Catalina L.- CARIGNANO, Claudia E.

TOMO II Año 2014



APLICACIÓN DE MULTI-METODOLOGÍAS
PARA LA GESTIÓN Y EVALUACIÓN DE
SISTEMAS SOCIALES Y TECNOLÓGICOS

TOMO II

COMPILADORES:
JOSÉ LUIS ZANAZZI
CATALINA LUCÍA ALBERTO
CLAUDIA ETNA CARIGNANO

AGRADECIMIENTO

A la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba por el apoyo económico que permitió financiar parcialmente esta edición.

Aplicación de multi-metodologías para la gestión y evaluación de sistemas sociales y tecnológicos / José Luis Zanazzi ... [[et.al.](#)]; compilado por José Luis Zanazzi ; Catalina Lucía Alberto ; Claudia Etna Carignano. - 1a ed. - Córdoba : Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas de la U.N.C., 2014.

v. 2, 314 p. ; 23x17 cm.

ISBN 978-987-1436-90-3

1. Investigación. 2. Economía. I. José Luis Zanazzi II. José Luis Zanazzi, comp. III. Alberto, Catalina Lucía, comp. IV. Carignano, Claudia Etna, comp.

CDD 330.07



Aplicación de multi-metodologías para la gestión y evaluación de sistemas sociales y tecnológicos por José Luis Zanazzi ; Catalina Lucía Alberto ; Claudia Etna Carignano se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

PREFACIO

Hoy por hoy, buena parte de los problemas que es necesario analizar pueden considerarse complejos. Sucede que en general, deben tenerse en cuenta las percepciones y preferencias de varios tomadores de decisiones, que naturalmente tienen posturas diferentes, que el entorno de la decisión puede ser determinante para los resultados de la misma y que en realidad no hay una decisión única a tomar, sino un conjunto de acciones que se complementan entre sí. Este cuadro se complica porque la información disponible para estudiar el problema suele ser difícil de obtener, pobre o directamente inexistente.

En esas condiciones, el paradigma clásico de la Investigación de Operaciones (IO) - aquella de la Programación Lineal, de la Simulación, de los Inventarios, por ejemplo - deja de ser válido. Los métodos tradicionales se ajustan más a una visión reduccionista, que en general no puede aplicarse con éxito. Las organizaciones no demandan habitualmente estudios de ese tipo y cuando los requieren, es muy posible que no apliquen sus resultados.

Para abordar los problemas actuales, no resulta razonable intentar la realización del estudio con un solo método, antes bien, la lógica es utilizar un enfoque multi-metodológico, donde las diferentes herramientas se combinen para identificar planes de acción.

Por otra parte, no basta sólo con la identificación de posibles soluciones. Por el contrario, dado que los tomadores de decisiones o partes interesadas son varios, es conveniente que el grupo realice actividades de capacitación que le permitan comprender mejor los problemas y valorar las alternativas de solución. En un paso más allá, se necesita que ese grupo desarrolle un cierto compromiso con las acciones acordadas y que se disponga a sostenerlas de manera efectiva durante su implementación.

Para responder a esta nueva realidad, un grupo de docentes investigadores vinculados a la disciplina denominada Investigación Operativa (IO), inició hace tiempo atrás su aproximación al enfoque multi-metodológico. La mayoría de estos profesores trabaja en la Universidad Nacional de Córdoba, en las Facultades de Ciencias Económicas y de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Este Libro, presenta algunas de las investigaciones realizadas en esa dirección. El texto contiene una Introducción y dos grandes secciones, una primera que supone que el proceso de toma de

decisiones es desarrollado por un decisor único. La segunda se orienta a los procesos donde es necesario considerar las posturas de diferentes actores.

Los contenidos de cada capítulo se fundamentan en trabajos presentados por los autores en distintos Congresos, tanto a nivel nacional como internacional. Cabe destacar que son aportes que han pasado por evaluaciones controladas por los comités científicos de cada uno de los eventos, lo que permite suponer que cumplen con los estándares de calidad para este tipo de documentos.

El libro recoge diversos aportes positivos. En primer lugar se propone una estructura general para la realización de estudios con enfoque multi-metodológico. Esta propuesta se plantea desde la propia introducción y luego es sostenida y ampliada en los distintos capítulos

Además, se presentan y emplean diferentes métodos de apoyo a la toma de decisiones, que ofrecen un sustento adecuado cuando la responsabilidad por la decisión recae en un decisor único o una entidad que funciona como tal.

Por otra parte, el libro analiza y enumera métodos que contribuyen a estructurar los problemas de decisión. Estas aproximaciones son muy útiles en situaciones que presentan un elevado nivel de complejidad, en las que no resultan evidentes los objetivos a cumplir, ni las acciones posibles. Donde inclusive, el entorno es difícilmente valorable.

Otro aporte que se considera valioso es la presentación del paradigma de la decisión grupal, como una problemática diferente a la tradicionalmente adoptada cuando el tomador de decisiones es único. Para fortalecer este aspecto, se analizan algunas metodologías que pueden utilizarse cuando la responsabilidad por la decisión recae en un grupo.

Sin duda las aplicaciones enumeradas en los distintos capítulos constituyen un destacable aporte adicional. En efecto, se analizan problemas en ámbitos tanto públicos como privados abarcando diferentes niveles ya sea estratégicos, tácticos u operativos.

Este trabajo permite afirmar que se cuenta con aproximaciones metodológicas para analizar y transformar esta compleja realidad. A partir de este convencimiento, el desafío es identificar los canales y modalidades para que la aplicación de los métodos de apoyo a la toma de decisiones, se convierta en un recurso cotidiano de nuestros sistemas socio-técnicos.

SOBRE LOS AUTORES

Catalina Lucía Alberto, es Doctora en Ciencias Económicas y Contadora Pública de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina). Profesora titular en Investigación Operativa y Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en la Facultad de Ciencias Económicas, UNC. Se desempeña como profesora en la Carrera de Doctorado. Posee una amplia trayectoria en actividades de investigación y gestión universitaria. catalina.alberto@gmail.com

Sabrina Amateis, es Contadora Pública, egresada de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Córdoba. Se ha desempeñado como Profesor Ayudante en las materias Investigación Operativa y Métodos Cuantitativos para la toma de Decisiones. También ha realizado actividades de investigación. sabriamateis@hotmail.com

Zaida Melina Assef: Estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, cursó el 4º año durante 2013. Fue becaria en la Prosecretaría de Seguimiento y Apoyo Académico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Ha participado en la organización de los encuentros ENDIO-EPIO 2013 realizados en la Ciudad de Córdoba. zaida.assef@gmail.com

Noelia Azcona es abogada (UNC) especialista en Derecho Penal (UB), Profesora Ayudante A en la Cátedra de Derecho Constitucional y Administrativo de la Facultad de Ciencia Económicas (UNC), codirectora de equipo de investigación en el marco de la Secretaría de Ciencia y Técnica (UNC). Se desempeña en el Juzgado de Control, Niñez, Juventud y Penal Juvenil y Faltas de Río Segundo (Poder Judicial de la provincia de Córdoba). Ha participado en varias publicaciones, capítulos de libros y colaborado en el libro titulado "Trata de personas y prostitución en la provincia de Córdoba". noelia.azcona@gmail.com

Carmen Badaró es Bioquímica – farmacéutica, egresada de la UNC, Especialista en Producción Farmacéutica-UBA. Co-directora técnica del Laboratorio de UNC Hemoderivados (LHD). Subdirectora de producción de UNC Fármacos. Jefe de inspección visual y empaque del LHD. Jefe de documentación del sector de producción del LHD. Analista de control de procesos en LHD. cbadaro@hemo.unc.edu.ar

Laura Leonor Boaglio, es Magíster en Planificación y Gestión Educacional y Licenciada en Estadística Aplicada. Se desempeña como profesora adjunta en Probabilidad y Estadística y en Investigación Operativa en la Facultad de Ciencias, Exactas, Físicas y Naturales (FCEFYN), de la Universidad Nacional de Córdoba. Tiene experiencia en investigación y gestión universitaria. lauraboaglio@gmail.com

Gilberto Juan Bollati es Ingeniero Electricista Electrónico - FCEF y N – UNC. Ingeniero Industrial Especialidad Electricidad – Madrid – España. Es Supervisor de Mantenimiento en Producción en el Laboratorio de UNC Hemoderivados (LHD) y Responsable de Mantenimiento Sistemas de Aire HVAC y Filtros en LHD. Ha trabajado en diferentes empresas autopartistas. Consultor en Telefonía Pública Internacional en Urmet – Turín – Italia. jbollati@hemo.unc.edu.ar

Gabriela Pilar Cabrera, es tesista de la Maestría en Estadística Aplicada de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina), Licenciada en Estadística Aplicada y Profesora de Matemática y Computación de la Universidad Blas Pascal (Argentina). Se desempeña como profesor asistente en la cátedra de Probabilidad y Estadística de la FCEFYN, UNC y como Jefe de Trabajo Práctico en la cátedra de Bioestadística de la Carrera de Medicina Veterinaria, UNVM. Posee una creciente experiencia en investigación. gabriela.pilar.cabrera@gmail.com

Claudia Etna Carignano, es Contadora Pública de la Universidad Nacional de Córdoba, Especialista en Educación Superior de la Universidad Católica de Cuyo (Argentina) y Magister en Planificación y Gestión Educacional de la Universidad Diego Portales (Chile). Se desempeña como profesora titular en la UTN Facultad Regional Córdoba y como profesora asociada en Investigación Operativa y Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en la Facultad de Ciencias Económicas, UNC. Posee una amplia trayectoria en actividades de investigación y gestión universitaria. claudiacarignano@gmail.com

María Alejandra Castellini, es Magister en Economía Política de la Universidad Nacional de Salta (UNSa) y Università di Pisa, Italia e Ingeniera Industrial de la Universidad de Buenos Aires. Se desempeña como profesora titular en Investigación Operativa y Gestión de la Calidad en la Facultad de Ingeniería, UNSa. Posee una amplia trayectoria en actividades de investigación y de transferencia. mac@unsa.edu.ar

José María Conforte, es Licenciado en Estadística Aplicada (Universidad Blas Pascal) y Especialista en Diseño de Encuestas y Análisis de Datos (Universidad Nacional de Córdoba). Participante en numerosos proyectos de investigación relacionados con la toma de decisiones en equipo y el diseño de sistemas de gestión. Actualmente se desempeña como Profesor Adjunto en la cátedra de Probabilidad y Estadística de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. jmconforte@yahoo.com

José Domingo Cuozzo: Ingeniero Electrónico egresado del Instituto Universitario Aeronáutico (IUA); Magíster en Formulación, Evaluación y Administración de Proyectos de Inversión y Doctor en Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Especialista en Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Buenos Aires. Se desempeña como docente de Proyectos de Inversión en la Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Mención Telecomunicaciones, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales (FCEFYN) de la UNC y de Evaluación y Gestión de Proyectos en la carrera de Especialización en Sistemas Embebidos en IUA. Es profesor Titular de las asignaturas Instrumentación I y II de la carrera de Ingeniería Electrónica en el IUA. Es Profesor Adjunto por concurso en la FCEFYN de la UNC en las asignaturas Instrumentación y Mediciones en Electrónica de la carrera Ingeniería Electrónica y Formulación y Evaluación de Proyectos Industriales en la carrera Ingeniería Industrial. jdcoozzo@gmail.com

Miguel Angel Curchod es Doctor en Ciencias Económicas, Magíster en Administración Pública y Especialista en Administración Pública Provincial y Municipal; todos los posgrados han sido realizados en la Universidad Nacional de Córdoba. Posee el título de grado de Contador Público recibido en la Facultad de Ciencias Económicas de la mencionada Universidad. Actualmente, se desempeña como profesor asociado de la asignatura Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones y como Profesor de la Carrera de Doctorado en Ciencias Económicas (UNC). Posee una amplia trayectoria en la Función Pública Nacional y en actividades de investigación. curchod@gmail.com

Magdalena Dimitroff, es Licenciada en Matemática (UNC-FaMAF). Integrante del LIM I (Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial (FCEFYN). Participante en numerosos proyectos de investigación relacionados con la toma de decisiones en equipo y el diseño de

sistemas de gestión. Actualmente se desempeña como Profesora Adjunta en las cátedras de Álgebra Lineal y Probabilidad y Estadística de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. magdadimitroff@gmail.com.

Raúl Alberto Ercole, es Contador Público y Licenciado en Administración de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina). Se desempeña como profesor titular en Costos y Gestión en la Facultad de Ciencias Económicas, UNC. Dicta cursos de posgrado referidos a Métodos Cuantitativos para Decisiones y posee una amplia trayectoria profesional. raula0124@gmail.com

Mariana Funes, es Contadora Pública (Facultad de Ciencias Económicas – U.N.C.) y estudiante del Doctorado en Ciencias Económicas de la misma Facultad. Se desempeña como profesora adjunta de Investigación Operativa, Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones y Ampliaciones de Investigación Operativa en la FCE., UNC. Posee una amplia trayectoria en investigación. mfunes311@gmail.com

María Paula Funes Álvarez, es Contadora Pública (Facultad de Ciencias Económicas – U.N.C.). Se desempeña como Profesora Ayudante en las asignaturas de Investigación Operativa y Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones. Es Tutora en el marco del Proyecto de Apoyo para el Mejoramiento de la Enseñanza en de las Carreras de Grado de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Ciencias Económicas e Informática (PACENI). p.funes@yahoo.com.ar

Analía González, es Bióloga y Profesora en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina) y Especialista en Docencia Universitaria de la Universidad Tecnológica Nacional (Argentina). Se desempeña como profesor asistente en “Estadística y Biometría” y en “Diseño Experimental” en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNC. analía_bg@yahoo.com.ar

Hernán Guevel, es Contador Público y posee un Mgter. en Dirección de Negocios (Facultad de Ciencias Económicas, U.N.C.) y estudiante del Doctorado en Ciencias Económicas de la misma Facultad. Se desempeña como profesor asistente en Investigación Operativa, Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones, Ampliaciones de

Investigación Operativa y Matemática Financiera en la FCE., UNC. Posee experiencia en investigación y gestión de las organizaciones.
heguevel@hotmail.com

Juan Pablo Lamberghini Nicklison, es Contador Público de la Universidad Nacional de Córdoba. Cursa la Diplomatura de Impuestos dictada por la Universidad Siglo XXI de la ciudad de Córdoba. Se desempeña como profesor asistente en Investigación Operativa y Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en la FCE de la UNC. Posee amplia experiencia en materia fiscal, ejerce su profesión en el ámbito privado. jp_lamber@hotmail.com

Paulina Sofía Massari: Ingeniera Industrial recibida en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Participa como investigadora en proyectos de investigación con aval y subsidio de la Secyt. Actualmente se desempeña profesionalmente en la empresa Polymont Argentina S.A.
paulyna_3@hotmail.com

Santiago Minolli, es estudiante avanzado de la carrera de Contador Público (Facultad de Ciencias Económicas – U.N.C.) y realiza tareas de investigación. Se ha desempeñado como Adscripto en las materias Investigación Operativa y Métodos Cuantitativos para la toma de Decisiones. minollisantiago@gmail.com

Cristian Moya: Farmacéutico-Licenciado en Química (especialización en Química Biológica de la UNC). Ejerce la Dirección de planta del Laboratorio UNC-Hemoderivados (LHD). Además es Jefe de Producción de LH, jefe de sector de procesos cromatográficos e Investigador del área de desarrollo de proceso y productos de LHD.
cmoya@hemo.unc.edu.ar

Beatriz Isabel Pedrotti, es Ingeniera Electricista Electrónica de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina) y Especialista en Ingeniería Gerencial de la Universidad Tecnológica Nacional (Argentina). Se desempeña como profesor asociado en Métodos Numéricos en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNC. Posee amplia experiencia en Gestión de Proyectos. bipedrotti@gmail.com

Claudia Peretto, es Contadora Pública (Facultad de Ciencias Económicas – U.N.C.), Magister en Estadística Aplicada (U.N.C.).

Alumna del Doctorado en Ciencias Económicas de la misma Facultad, actualmente trabajando en la Tesis Doctoral. Profesora asistente de Investigación Operativa en la Universidad Tecnológica Nacional (FRC). Integrante del equipo de investigación dirigido por la Dra. Catalina Alberto. cperetto@gmail.com

Daniel Alberto Pontelli, ingeniero Mecánico Aeronáutico (UNC) e ingeniero Laboral (UTN FRC), es profesor adjunto en las asignaturas Higiene y Seguridad en el Trabajo y Mantenimiento Industrial de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Córdoba. Está a cargo de la Oficina Central de Higiene Seguridad y Medio Ambiente Laboral de la UNC y coordina junto con la Vicerrectora el Consejo para la Prevención de la Seguridad de la universidad. Es docente investigador y pertenece al Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial de la FCEFyN. Tiene experiencia en procesos industriales por haber trabajado en la industria automotriz y como asesor de empresas en prevención de riesgos laborales. dpontelli@gmail.com

Josefina Racagni, es Contadora Pública (Facultad de Ciencias Económicas – U.N.C.), estudiante del Doctorado en Ciencias Económicas de la misma Facultad. Se desempeña como profesora asistente de Investigación Operativa, Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones y Matemática II en la FCE, UNC. Posee una importante experiencia en investigación. jracagni@gmail.com

Verónica Reano, es Contadora Pública y Licenciada en Administración. Ambas carreras cursadas en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina). Se desempeña como profesora asistente en las asignaturas: Investigación Operativa y Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en la mencionada facultad. Posee amplia experiencia en el desarrollo de sus profesiones. También reviste antecedentes en investigación. veroreano@hotmail.com

Jesica Analía Royon es Bioingeniera, egresada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan, Auditor líder (Especialización de inspectores del Mercosur-ANMAT) y Jefa dpto. Validación y calificación del Laboratorio de UNC-Hemoderivados. Inspectora de ANMAT-Tecnología Médica y Analista de Registro de producto de ANMAT-Tecnología Médica. Además trabaja en empresas del sector farmacéutico. jroyon@hemo.unc.edu.ar

Alicia Guillermina Salomon, es Licenciada en Sistemas del Centro de Altos Estudios en Ciencias Exactas (C.A.E.C.E) Buenos Aires, Argentina y Magister en Planificación y Gestión Educacional de la Facultad de Economía de la Universidad Diego Portales de Chile. Se desempeña como Profesora Adjunta en Organización Industrial en la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, UNC. Tiene una trayectoria en Gestión Universitaria, Educación Virtual, Consultoría de Sistemas Sw e Investigación. as.salamon@gmail.com

Carolina Santa Cruz: Estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, cursó el 5º año durante 2013. Fue becaria en el Departamento de Producción, Gestión y Medio Ambiente de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Ha participado en la organización de los encuentros ENDIO-EPIO 2013 realizados en la Ciudad de Córdoba. caritosc@gmail.com

María Inés Stímolo, es Contadora Pública y Magister en Estadística Aplicada de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina) y estudiante del Doctorado en Ciencias Económicas de la Facultad de Ciencias Económicas de la misma Universidad. Se desempeña como profesora adjunta en Estadística y Análisis Multivariado en la Facultad de Ciencias Económicas, UNC. Actualmente es miembro del Consejo Directivo de la Maestría en Estadística Aplicada. Posee una amplia trayectoria en actividades de investigación. mstimolo@eco.unc.edu.ar

María Susana Vitali es Bioquímica y Magister en Ciencias Químicas, títulos otorgados por la Universidad Nacional de Córdoba (UNC)-Argentina. Es Directora del Área de Desarrollo de Productos y Procesos del Laboratorio de Hemoderivados (LHD) de la UNC. Tiene a cargo la dirección y gestión de proyectos de desarrollo de derivados del plasma y de material óseo humanos. Desarrollos a escala laboratorio y transferencia de procesos productivos a escala industrial. Desarrollo de técnicas analíticas de control de calidad, validación y transferencia a las áreas afines del LHD. svitali@hemo.unc.edu.ar

José Francisco Zanazzi, es Contador Público (IUA). Forma parte del grupo de trabajo del Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial, de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC. Actúa como consultor y capacitador de empresas y organismos gubernamentales, en cuestiones relacionadas con Sistemas de Gestión y Mejora Continua de productos y procesos. jfzanazzi@gmail.com

José Luis Zanazzi, es Ingeniero en Recursos Hídricos (UNL), Magister en Planificación y Gestión Educativa (UDP), doctorando en Ingeniería (UNC). Su actual línea de investigación se orienta a metodologías para trabajar con grupos operativos. Profesor Titular de Probabilidad y Estadística, Investigación Operativa y Control de Procesos Industriales, en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC. Posee variada experiencia en gestión universitaria y en consultoría con empresas. Dirige el LIMI y la carrera Especialidad en Productividad Organizacional. jl.zanazzi@gmail.com

INDICE

	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	19
PARTE I	
1. PERFORMANCE OF JUSTICE IN ARGENTINA. AHP RATINGS MODEL. <i>Curchod M. y Alberto C.</i>	35
2. TEMPORARY STUDY EFFICIENCY OF THE ACADEMIC UNITS AT UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA <i>Alberto C. y Carignano C.</i>	47
3. ESTUDIO DE LA PERMANENCIA EN EL MERCADO DE LAS ENTIDADES BANCARIAS ARGENTINAS UTILIZANDO EL INDICE DE MALMQUIST <i>Peretto C y Alberto C.</i>	57
4. UNA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE LA ENVOLVENTE DE DATOS PARA EVALUAR LA EFICIENCIA DE LA JUSTICIA EN ARGENTINA <i>Alberto C., Curchod M. y Azcona N.</i>	77

5.	VARIANTES DE LA PROGRAMACIÓN MULTIOBJETIVO <i>Ercole R. y Carignano C.</i>	85
6.	COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE AGREGACIÓN Y PONDERACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR DEL DESARROLLO HUMANO DE PAÍSES LATINOAMERICANOS <i>Funes M, Racagni J. y Guevel H.</i>	103
7.	COMPARACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE NORMALIZACIÓN Y MÉTRICAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES COMPUESTOS DE BIENESTAR SOCIAL UTILIZANDO EL MÉTODO TOPSIS <i>Funes M, Racagni J, Guevel H y Minolli S.</i>	121
8.	MODELOS MIXTOS PARA ANALIZAR LA RELACIÓN ENTRE CRECIMIENTO Y DEUDA EXTERNA PÚBLICA EN PAÍSES EN DESARROLLO EN EL PERÍODO 2000-2007 <i>Stímolo M.I. y Funes M</i>	137
9.	PROYECCION DEL DÉBITO FISCAL IVA UTILIZANDO TECNICAS DE SIMULACION <i>Lamberghini Nicklison J.P. y Reano V.</i>	153
10.	REURSOS Y TECNOLOGÍA DIDÁCTICA. ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN <i>Funes Alvarez M.P. y Amateis S..</i>	167

11. RELEVAMIENTO Y ANÁLISIS DE APORTES RECIENTES AL MÉTODO TOPSIS
Santa Cruz C. y Assef Z. 177

PARTE II

12. ANÁLISIS DE UN PROBLEMA DE SELECCIÓN DE GRUPOS DE TRABAJO MEDIANTE INVESTIGACIÓN OPERATIVA SOFT.
Cabrera G., Zanazzi L., Castellini A. y Salamon A. 203

13. MÉTODOS MULTIVARIANTES PARA SEGMENTAR PREFERENCIAS. REFERENTES Y APLICACIÓN
Boaglio L., Pedrotti B., Salamon A. y Gonzalez A. 224

14. TÉCNICA SODA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPA COLECTIVO. APLICACIÓN EN LA RETENCIÓN DEL TALENTO EN EL ÁREA INFORMÁTICA
Salamon A., Boaglio L., Cuzzo J., Pedrotti B. y Cabrera G. 245

15. LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PATÓGENOS EM LA UNC. UN PROBLEMA ABORDADO DESDE LAS MULTIMETODOLOGÍAS.
Pontelli D., Conforte D., Zanazzi J.L., Castellini M.A. y Dimitroff M. 260

16. ENFQUE MULTIMETODOLÓGICO APLICADO PARA ORDENAR LA PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA. 289
Badaró C., Bolatti J., Moya C., Royón J., Vitali, S. y Zanazzi J.F.

INTRODUCCIÓN

La complejidad siempre ha estado presente en los problemas que es necesario analizar, pero esa condición se ha incrementado con el tiempo. Sucede que cuestiones como el desarrollo tecnológico, la globalización, la participación social, el propio aumento de la población o la superabundancia de información, introducen elementos que complican las situaciones y que es imperioso considerar.

Sin embargo, de manera cotidiana percibimos evidencias de proyectos que no han tenido en cuenta estos aspectos y que deben enfrentar por ello grandes dificultades. Las siguientes son algunas de esas evidencias:

- ✓ Empresas que deberían ser exitosas y que sin embargo caen en estrepitosos fracasos.
- ✓ Radicaciones industriales que no pueden concretarse por resistencia social.
- ✓ Sistemas de gestión que arrojan resultados francamente positivos en algunas organizaciones, en tanto que en otras son resistidos o ignorados.
- ✓ Planes gubernamentales bien intencionados, que no obtienen los resultados esperados.

Son problemas que sin dudas nos afectan a todos y que tienen un inevitable costo social. Por ese motivo, parece conveniente que la Investigación Operativa (IO) se involucre directamente en la búsqueda de soluciones para estos desafíos. En definitiva, es el área de conocimiento que se ocupa de identificar modos adecuados de hacer las cosas.

Afortunadamente, no es preciso empezar de cero esta trascendente tarea, dado que muchos científicos han trabajado en los últimos años en esa dirección.

Ahora bien, parece que ya no alcanza con entender los requerimientos técnicos de un problema, escoger un método adecuado y determinar una posible solución. Actualmente las soluciones adecuadas no lo son tanto, los óptimos se diluyen y la gente se resiste a utilizar razonamientos que no puede comprender.

Es necesario ampliar las perspectivas, incorporar una mirada holística que perfeccione nuestras propuestas de solución. Además se necesita lograr el convencimiento de las personas que deben implementar las estrategias seleccionadas y métodos de trabajo

adecuados para analizar una por una, las oportunidades de mejora que nos ofrece la realidad.

Este libro se suma en esa línea. Para ello identifica y aplica métodos apropiados para estructurar y analizar de manera conveniente los problemas complejos. Además, presenta diversos recursos destinados a enriquecer y mejorar las aproximaciones conocidas. Finalmente propone un enfoque multi-metodológico que es fruto del trabajo realizado por este grupo de investigadores.

Sobre la complejidad

En términos de IO, se entiende como problemas complejos a las situaciones donde es preciso que la gente se ponga de acuerdo y que actúe de manera asociada. En general, buena parte de los procesos de toma de decisiones que debemos estudiar en la actualidad, poseen esa característica.

Por otra parte, la complejidad introduce ruido en la información necesaria para el proceso de decisión. Esto es, dicho ruido se origina en las diferencias entre las personas vinculadas al proceso y es natural porque las personas necesariamente tienen preferencias diferentes.

Lo malo es que el ruido no solo perjudica y empobrece la información disponible, sino que también reduce las posibilidades de éxito de las acciones acordadas en conjunto y el compromiso de las personas para sostener dichas acciones (Georgiou, 2008).

Con este razonamiento, cuando se toman decisiones que afectan a múltiples personas o entidades, con intereses variados, es fundamental reducir los niveles de ruido todo lo que sea posible. Es que tiene poco o ningún sentido impulsar planes de acción que no cuentan con el apoyo de los actores que deben concretarlos.

Respecto a cómo enfrentar ese tipo de situaciones, en la actualidad existe cierto acuerdo en que el análisis y resolución de problemas complejos, donde es preciso controlar y reducir las perturbaciones del entorno, es posible mediante una combinación de metodologías (Franco & Lord, 2011).

A partir de este supuesto, entre los aportes que buscamos realizar con este libro, se encuentra la formalización de una aproximación multi metodológica apropiada para respaldar procesos de toma de decisiones en este tipo de situaciones problemáticas. Esta aproximación combina herramientas de Investigación Operativa, Estadística y Enfoque de Procesos.

Entre las cualidades que caracterizan esta propuesta, se encuentra el hecho de que además de facilitar la identificación de una serie de

decisiones adecuadas, mejora el nivel de capacitación de los grupos involucrados y favorece el involucramiento posterior de los actores vinculados con el tema. Este triple efecto se denota en los párrafos siguientes como **D+C+I**, esto es, Decisión más Capacitación más Involucramiento.

Métodos de la Investigación Operativa que se referencian en este libro

En trabajos como los de Vidal (2006) y Kotiadis & Mingers (2006), se analizan posibles clasificaciones de los métodos de la IO. A partir de esta idea básica, parece apropiado diferenciar entre las orientaciones Blanda (Soft Operational Research) y Dura (Hard Operational Research).

Los métodos blandos se orientan a estudiar problemas donde es necesario considerar la opinión de diferentes actores o grupos con intereses distintos. Para estos enfoques, la agregación de los puntos de vista individuales es muy importante, porque aumenta la posibilidad de compromiso posterior con las decisiones adoptadas.

Con esa finalidad, los analistas realizan reuniones con cada una de las partes interesadas por separado y resumen los resultados de estas entrevistas en una o más herramientas propias del método. Luego se buscan los puntos de acuerdo y desacuerdo entre las posturas individuales, sobre las cuestiones básicas del problema analizado y sobre las posibles soluciones.

El proceso continúa con nuevas reuniones individuales, donde se analiza la posibilidad de acercar posiciones y la consecuente revisión posterior del analista, con la intención de agregar preferencias. El cierre se concreta mediante una actividad plenaria donde se presenta el modelo compartido y se pone a consideración el plan de acciones acordado.

La siguiente tabla resume algunos de los métodos blandos más utilizados y las correspondientes referencias bibliográficas.

Método	Referencias
Soft System Methodology	Checkland (2000), Georgiou (2006, 2012)
Mapas cognitivos tipo SODA	Eden (2004)
Strategic Choice Approach	Friend (2001)
Grilla de Repertorio	Kelly (1955), Padilla (2010)

Es decir, además de identificar el plan de acción, en la orientación Blanda las actividades permiten realizar capacitación y favorecer el involucramiento de los interesados, conforme al requisito **D+C+I**.

Por supuesto, este proceso es laborioso e inevitablemente se extiende en el tiempo. Por ese motivo, muchos autores lo consideran apropiado para analizar decisiones de tipo estratégico o de alta dirección (Franco & Montibeller, 2011).

En cuanto a los métodos de la línea dura, a los fines de este libro resultan particularmente interesantes los agrupados en la denominada Apoyo Multicriterio a la Decisión o también Decisión Multicriterio Discreta (DMD). En la formulación original de estas aproximaciones se considera que el responsable por la toma de decisiones es único.

Son varias las herramientas básicas empleadas representar las preferencias del decisor en este tipo de situaciones. Entre las más utilizadas se encuentran las siguientes:

- Conjuntos Difusos presentados en Zadeh (1970).
- Teoría Matemática de la Evidencia de Demster-Shaffer, la cual puede revisarse en Salicone (2007)
- Utilidad Multiatributo Aditiva (MAUT), cuya base axiomática se plantea en Keeney y Raiffa (1993).

En cuanto a los métodos propuestos para analizar estas preferencias y agregarlas de manera conveniente, algunos de los más difundidos se enumeran en la tabla siguiente.

Método	Referencias
Analytic Hierarchy Process (AHP) y Analytic Network Process (ANP)	Saaty (1996)
TOPSIS	Hwang, Yoon (1981), Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M. (2005)
Electre	Roy (1968), Roy (1996)
Promethee	Brans y Vincke (1985), Brans, Mareschal (2002), Behzadian M, Kazemzadeh R, Albadvi A, Aghdasi M (2010)
Matbeth	Bana e Costa (2004)
UTA	Jacquet-Lagreze y Siskos (1982), Rangel (2002), Rangel y Gomes (2009).

En este caso, la preocupación pasa centralmente por especificar el objetivo de la decisión, identificar las alternativas, adoptar los criterios a considerar y determinar por un método de índole matemática alguna solución de compromiso.

De este modo, el proceso de análisis resulta menos laborioso que en los métodos blandos. Por ese motivo, este tipo de soluciones puede ser utilizado para problemas de tipo táctico e incluso operativo.

También se cuenta con recursos metodológicos para valorar la eficiencia de los sistemas estudiados. En efecto, el Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis, DEA), ofrece la posibilidad de contrastar variables representativas de los productos que entregan los sistemas, contra un conjunto de indicadores que representan las entradas o insumos.

La información provista por DEA puede retroalimentar con información a los grupos responsables por tomar las decisiones. Esta devolución es una instancia de capacitación, porque permite revisar

críticamente las estrategias implementadas y seleccionar acciones adicionales.

En suma, los métodos Blandos requieren extensos tiempos de análisis, pero son perfectamente compatibles con el requisito **D+C+I**. En cambio, los métodos Duros se aplican con más rapidez, pero se orientan esencialmente a identificar una alternativa de acción, con lo cual generan un limitado efecto de capacitación y no garantizan el compromiso posterior de las personas involucradas.

El tratamiento del ruido en la Investigación Operativa

Como se planteó anteriormente, la solución de los complejos problemas actuales, requiere generalmente que dos o más personas o entidades se pongan de acuerdo. Este requisito de búsqueda de consensos no es una condición impuesta en la mayoría de los métodos de IO.

Al respecto, Rosenhead (1996) recuerda que los métodos duros solo pueden aportar soluciones satisfactorias y exitosas en organizaciones con estructuras jerárquicas muy definidas y que realizan operaciones altamente repetitivas. Pero esta no es la situación habitual cuando se tratan problemas medio ambientales.

Por ese motivo, es necesario que una parte importante de la tarea de análisis se oriente a controlar y reducir los niveles de ruido que afectan a la información del proceso. En términos propios de la IO, se denomina de este modo a las diferencias entre las valoraciones que asignan las personas a los elementos del problema. El ruido se forma con tres tipos de perturbaciones: imprecisión, incertidumbre y carencia de datos (Mingers & Rosenhead, 2004).

En esta concepción, la imprecisión surge del hecho de que ante un cierto problema, cada persona tiene diferentes apreciaciones y percepciones (Georgiou, 2008). En este sentido, se entiende por apreciación a la capacidad individual para traducir la percepción en un valor adecuado, con el auxilio de la herramienta de representación adoptada, tanto sea MAUT como Conjuntos Borrosos o Evidencia de Demster-Shaffer.

Por otro lado, también difieren las percepciones, dado que cada persona utiliza su propio filtro para interpretar la realidad. De hecho, en este filtro se ponen en juego las experiencias previas, la historia personal, las inquietudes e intereses, la subjetividad individual, las competencias adquiridas, por citar algunos elementos.

Por otra parte, la incertidumbre se introduce porque todos los interesados tienen preferencias diferentes y porque estas posturas

pueden variar a los largo del tiempo. Además, existe una interacción entre los miembros del grupo, dado que las variaciones individuales producen cambios en las preferencias del conjunto de tomadores de decisión.

El tercer efecto negativo es el faltante de datos. Es frecuente que en los procesos de toma de decisiones en grupo, el análisis se vea afectado por la inexistencia o no disponibilidad de la información básica necesaria. Por lo tanto, se requieren métodos robustos, que puedan ser ajustados pese a estas dificultades.

En la actualidad, la preocupación por la problemática del ruido se encuentra instalada entre los especialistas de la IO. En efecto, como se planteó anteriormente, los métodos considerados Blandos se preocupan específicamente por controlarlo y reducirlo.

Diversos autores encuentran importantes ventajas en las mismas: aprendizaje grupal y contribución al desarrollo y consolidación de una cultura organizacional (Sorensen & Vidal, 2003); análisis participativo y generación de conocimiento compartido, soluciones inclusivas y compromiso con las soluciones adoptadas (Kaner et al., 2007; Franco & Lord, 2011).

Es decir, la IO Blanda tiene de por si el enfoque **D+C+I** que se requiere para estudiar la problemática ambiental. Afortunadamente, también en los últimos años se han planteado aportes de la línea Dura, en el ámbito DMD, que comparten esa preocupación.

En esa línea puede considerarse el método VIP (Variable Interdependent Parameters), el cual concede importancia a la especificación y valoración de los pesos de los criterios en los procesos de decisión grupal. De hecho, sus autores consideran que la actividad de modelación brinda una excelente oportunidad para el aprendizaje del grupo de trabajo (Dias, 2005).

Otras aproximaciones procuran determinar una posición de consenso como referencia y valorar la distancia entre las observaciones aportadas por los decisores y dicha referencia, a fin de retroalimentar un proceso iterativo.

Ese es el caso de Fu & Yang (2012), donde se propone una secuencia de pasos apoyados en la Teoría Matemática de la Evidencia de Demster – Shaffer. En este método, los integrantes del grupo aportan sus juicios mediante intervalos y pueden corregir sus apreciaciones al contrastarlas con un modelo de consenso.

También se han propuestos herramientas para apoyar la decisión en grupo con un soporte AHP. En efecto, Altuzarra et al (2010) y Escobar & Moreno-Jiménez (2007), han aportado métodos que utilizan Variables

Aleatorias Multidimensionales para construir matrices de consenso y aproximaciones bayesianas para identificar las zonas de acuerdo y desacuerdo. Con este enfoque además, es posible determinar la probabilidad a posteriori de que cada integrante del grupo pueda considerarse compatible con la matriz de consenso.

En esta dirección, como aporte de este grupo de investigación se han desarrollado los Procesos DRV (Decisión con Reducción de Variabilidad). Esta aproximación tiene tres etapas bien diferenciadas: estabilización del proceso de decisión, agregación de opiniones y contraste para definir ordenamientos (Zanazzi & Gomes, 2009), (Zanazzi, Dimitroff & Gomes, 2013).

En la primera de estas fases el grupo de tomadores de decisión desarrolla un proceso iterativo que le permite intercambiar opiniones, contrastar experiencias, compartir conocimientos y evolucionar hacia una postura común. Con este ejercicio previo, es razonable que sus integrantes se involucren en el plan de acción y se comprometan para implementarlo.

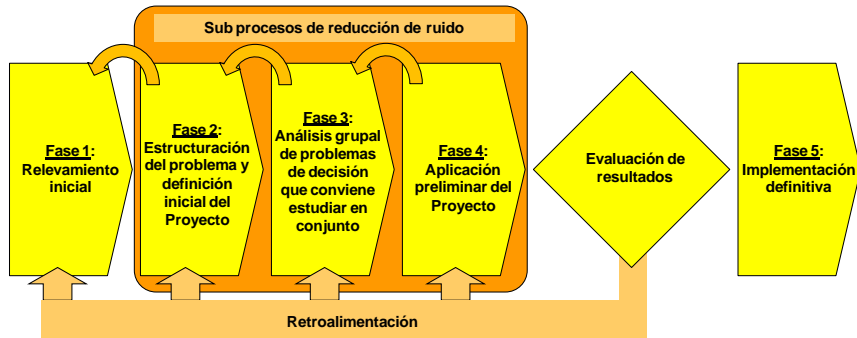
Es decir, también en la opción Dura existen variantes del tipo **D+C+I**. Es que no puede ser de otra manera. Los problemas complejos que hoy enfrentamos requieren una visión holística de la situación, donde es preciso aprovechar y potenciar los aportes de todos los involucrados.

La aproximación multi-metodológica propuesta

El método sugerido en este libro es un conjunto de actividades que pueden dividirse en varios subprocesos. En la Figura 1 se representa ese conjunto. Los subprocesos no se trabajan en forma separada, sino que por el contrario se retroalimentan de modo continuo.

Las fases 2, 3 y 4, conducen a la adopción de diversas decisiones, a diferentes niveles. La fase 2 de estructuración del problema, conduce generalmente a decisiones de tipo estratégico. La fase 3 de análisis grupal, requiere analizar en conjunto problemas tácticos e incluso operativos, en tanto que la fase 4 es fuertemente operativa.

FIGURA 1: Enfoque multi-metodológico propuesto



Durante el relevamiento inicial se comienza con la identificación del problema y sus consecuencias. Entre los emergentes de esta etapa deben estar por ejemplo, los motivos por los cuales conviene transformar el sistema analizado y quiénes son los actores en condiciones de sostener las transformaciones propuestas

En la fase de estructuración se utilizan recursos de la IO Blanda. De este modo se inicia la reducción efectiva del ruido presente en el contexto del problema y se resuelven algunas cuestiones estratégicas que pueden ser fundamentales.

Por ejemplo, si este enfoque se aplica en una organización interesada en implementar un Sistema de Gestión del Medio Ambiente, certificable bajo Normas ISO 14000, no es razonable intentar avanzar directamente en la implementación de los procedimientos requeridos por dicha normativa. Antes bien, es conveniente entrevistar a los directamente interesados para identificar las fortalezas del grupo y las barreras y dificultades a superar.

En ese sentido, la aplicación de las metodologías de IO Blanda puede permitir desarrollar un plan de acción adecuado para el momento. Por ejemplo, puede ser conveniente complementar la implementación del Sistema de Gestión con la realización de actividades de capacitación, formación de proveedores, adquisición de elementos o reubicación de algunas operaciones del proceso.

En la fase tres de análisis grupal, se identifican uno o más problemas que requieran la toma de decisiones, a nivel táctico u operativo, y que convenga analizar en forma conjunta. Esos problemas se analizan con métodos de la MCDM. La aplicación de Procesos DRV debería ser muy conveniente en esa etapa.

Por otra parte, durante la fase tres, es conveniente que para el análisis de los problemas seleccionados se puedan poner en juego los valores institucionales y otros elementos de la cultura organizacional. De este modo, dicha fase posibilita una reducción brusca en la incertidumbre, sobre todo en las cuestiones vinculadas con los valores o criterios fundamentales.

Retomando el ejemplo del Sistema de Gestión ISO 14000, el enfoque multi-metodológico propuesto recomienda que la organización realice varios procesos de toma de decisiones multicriterio a nivel grupal. Puede ser muy recomendable que por esta vía se establezcan prioridades para la implementación de acciones de corrección y mejora, que se escojan los contenedores y/o que se seleccione el modo en que se realizará la disposición final de los distintos tipos de residuos, por citar algunas cuestiones.

Conviene en este punto, volver a recordar el concepto **D+C+I**. Más allá de la relevancia que puedan tener los procesos de toma de decisiones a considerar, lo importante para la organización es que la gente trabaje en conjunto, que comparta, que construya conocimiento compartido. De este modo, se reduce bruscamente el ruido en problemas tácticos que pueden ser críticos para el éxito del proyecto a desarrollar.

Volviendo al enfoque propuesto, la Fase 4 de Aplicación Preliminar permite calibrar el sistema y corregir posibles desviaciones que no fueron detectadas anteriormente. De este modo, se consiguen reducciones adicionales en el nivel de ruido.

La evaluación se orienta a la verificación y validación del sistema. Verificación en el sentido de que fueron tenidos en cuenta todos los requisitos planteados durante el diseño del sistema. Por su parte, la validación permite determinar si el sistema responde adecuadamente a las necesidades de los usuarios.

En caso de requerir correcciones, se retoman las fases anteriores. Como parte de las actividades de validación, es necesario considerar las variaciones en los niveles de confiabilidad de cada uno de los equipos de trabajo propuestos, tanto a nivel individual como grupal.

Finalmente, en la implementación definitiva se traslada el ejercicio del sistema a los usuarios, para que lo apliquen con independencia. De todos modos, se ofrece una asistencia de menor intensidad para salvar cuestiones no previstas originalmente.

Contenidos y organización del libro

El libro se divide en dos secciones, la primera orientada a presentar y ejemplificar métodos para toma de decisiones individuales, la segunda enfocada a la problemática grupal.

En cada uno de los capítulos se toman uno o varios métodos, se los presenta y a continuación se realiza una aplicación de los mismos.

Todos los contenidos se vinculan con el enfoque multimetodológico que se sostiene en este texto.

Las aproximaciones de la primera sección pueden ser utilizadas en la Fase 3 del proceso de análisis, para facilitar y estimular la capacitación grupal.

Las aproximaciones de la segunda parte, en cambio, son aplicables tanto en la Fase 2 de Estructuración, como en la Fase 3 de formación grupal.

Hemos experimentado estas herramientas en una importante variedad de situaciones reales. Con ese antecedente, nos atrevemos a afirmar que la aplicación de este enfoque multi-metodológico, utilizado de manera escrupulosa y convencida, ofrece un excelente camino para el análisis y resolución de los problemas ambientales.

Al analizar los problemas complejos que nos plantea la realidad, es preciso estar preparados para interpretar la gran cantidad de información que producen los grupos de trabajo involucrados. Esto no es tarea sencilla, porque los grupos nunca brindan información “limpia”, por el contrario, los datos se encuentran distorsionados por el ruido.

Por ese motivo, es conveniente disponer de herramientas que nos ayuden a separar el ruido y rescatar la esencia de las señales producidas. Los contenidos de este libro contribuyen no solo a identificar más claramente las señales, sino también, lo que es todavía más importante, a reducir el ruido que conspira contra el éxito de los proyectos.

Se trata, sin dudas, de optar por herramientas que garanticen el enfoque **D+C+I**, para la toma de decisiones. De ese modo, los grupos crecen, las organizaciones mejoran y es posible aspirar a soluciones razonables para los desafíos que debemos enfrentar.

Referencias bibliográficas

Altuzarra, A., Moreno-Jiménez, J. M. & Salvador, M. (2010): “Consensus building in AHP-group decision making: a Bayesian approach”. *Operations research*, 58, 6, pp. 1755-1773.

- Bana e Costa, C. A., & Chagas, M. P. (2004). A career choice problem: An example of how to use MACBETH to build a quantitative value model based on qualitative value judgments. *European journal of operational research*, 153(2), pp 323-331.
- Behzadian M, Kazemzadeh R, Albadvi A, Aghdasi M (2010): "PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications". *European Journal of Operational Research*, 200, 1, pp. 198-215.
- Brans J-P, Vincke Ph (1985). A preference ranking organization method, the PROMETHEE method. *Management Science*, 31, pp. 647-656.
- Brans J.-P, Mareschal B (2002). *Prométhée-Gaia Une Méthodologie d'Aide à la Décision en Présence de Critères Multiples*. Université de Bruxelles/Ellipses, Bruxelles.
- Checkland P (2002) "Soft Systems Methodology: a thirty year retrospective". *System Research Behavioral Science*, 17, pp. 11 – 58.
- Dias L, Clímaco J (2005): "Dealing with imprecise information in group multicriteria decisions: a methodology and a GDSS architecture". *European Journal of Operational Research*, 160, pp. 291-307.
- Eden C (2004) "Analyzing Cognitive Maps to help structure issues or problems". *European Journal of Operational Research*, 159, 3, pp. 673 - 686.
- Escobar, M. T., & Moreno-Jiménez, J. M. (2007). Aggregation of individual preference structures in AHP-group decision making. *Group Decision and Negotiation*, 16(4), 287-301.
- Figueira, J., Greco, S., & Ehrgott, M. (Eds.). (2005). *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys* (Vol. 78). Springer.
- Franco L & Montibeller (2011): "On-The-Spot" Modeling and Analysis: The Facilitated Modeling Approach". *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science*.
- Franco L & Lord E (2011): "Understanding multi-methodology: Evaluating the perceived impact of mixing methods for group budgetary decisions". *Omega*, 39, pp. 362–372.
- Friend, J. (1989). The strategic choice approach. *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science*.

- Fu C. & Yang S. (2012): "An evidential reasoning based consensus model for multiple attribute group decision analysis problems with interval-valued group consensus requirements". *European Journal of Operational Research*, 223, 1, pp. 167-176.
- Georgiou, I. (2006). "Managerial effectiveness from a system theoretical point of view". *Systemic Practice and Action Research*, 19(5), pp 441-459.
- Georgiou, I. (2008): "Making decisions in the absence of clear facts". *European Journal of Operational Research*, Vol. 185, pp. 299, 321.
- Georgiou, I. (2012): "Messing about in transformations: Structured Systemic Planning for Systemic Solutions to Systemic Problems". *European Journal of Operational Research*, 223, pp. 392-406.
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making*. Berlin: Springer.
- Jacquet-Lagrèze E & Siskos Y (1982): "Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision making: The UTA method". *European Journal of Operational Research*, 10, pp. 151–164.
- Kaner S., Lind L., Toldi C., Fisk S., Berger D. (2007): *Facilitator's guide to participatory decision-making* (2nd ed.). San Francisco: Jossey-Bass.
- Keeney R, Raiffa H (1993): *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. Wiley, New York.
- Kelly, G. (1955): "The Psychology of Personal Constructs". Vol. 1: "A theory of personality". Vol. 2: "Clinical diagnosis and psychotherapy". New York. Norton.
- Kotiadis K y Mingers J (2006): "Combining PSMs with hard OR methods: the philosophical and practical challenges". *Journal of the Operational Research Society*, 57, pp. 856–867
- Mingers J & Rosenhead J (2004): "Problem structuring methods in action". *European Journal of Operational Research*, 152, pp. 530-554.
- Padilla Carmona, M. T. (2010). *La rejilla de constructos personales: un instrumento para el diagnóstico y la orientación*.
- Rangel L (2002) *Determinações de funções de utilidade através das preferências dos decisores sobre o conjunto de critérios*

- empregando o Método UTA. 2002. 154 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Rangel, L. A. D., & GOMES, L. (2009). "Emprego dos métodos Utilité Additive e Utilité Additive-CRiteria na avaliação de imóveis: um estudo de caso". *Gestão & Produção*, 16(2), pp 222-231.
- Rosenhead J (1996) "What's the problem? An Introduction to Problem Structuring". *Interfaces*, 26, 6, pp. 117-131.
- Roy, B. (1968). "Classement et choix en présence de points de vue multiples". *RAIRO-Operations Research-Recherche Opérationnelle*, 2(V1), pp 57-75.
- Roy, B. (1996). Multicriteria methodology for decision analysis. *Multicriteria Methodology for Decision Analysis*.
- Saaty T (1996). *Decision Making for Leaders: the Analytic Hierarchy Process in a Complex World*. RWS Publications, Pittsburg, USA.
- Salicone S (2007): "Measurement uncertainty. An approach via the Mathematical Theory of Evidence". Springer Science, New York.
- Sorensen L., Vidal R.V.V. (2003) "The Anatomy of Soft Approaches". *Pesquisa Operacional*, 24(2): 173-188.
- Vidal R.V.V. (2006): "Operational research: a multidisciplinary field". *Pesquisa Operacional*, 26, pp. 69, 90.
- Zadeh L (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8, pp 338-353.
- Zanazzi J & Gomes L (2009) "La búsqueda de acuerdos en equipos de trabajo. El método Procesos DRV: Decisión con Reducción de Variabilidad". *Pesquisa Operacional*, 29, 1, pp. 195-221.
- Zanazzi J, Gomes L y Dimitroff M (2013) "Métodos para tomar decisiones en grupo. Comparación entre Procesos DRV y SMAA". *EPIO*, 34, pp. 45-61.
- Zanazzi J, Alberto C, Carignano C. (2013): "Aplicación de multi-metodologías para la gestión y evaluación de Sistemas Socio-técnicos". Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas. UNC. Accesible en <http://hdl.handle.net/11086/481>

PARTE I

PROCESOS DE DECISIÓN PARA DECISORES INDIVIDUALES

PERFORMANCE OF JUSTICE IN ARGENTINA. AHP RATINGS MODEL

MIGUEL ANGEL CURCHOD

CATALINA LUCÍA ALBERTO

Key words: Justice – Evaluation – Analytic Hierarchy Process (AHP) – Ratings.

1. INTRODUCTION

The aim of this study is a comprehensive assessment of the management of the different production units of the Ordinary Justice Administration in Argentina based on different attributes and criteria underpinning production.

This assessment will further allow us to use a ranking method to appraise of the performance of the units analyzed.

This study aims to take a first step towards obtaining a comprehensive picture of the system to serve as guidance to look into other specific aspects in subsequent studies. For this reason, the analysis is carried out in a general way, without either specifying the different matters dealt with the ordinary justice system: criminal, civil, administrative, labor or commercial, nor making a distinction of organs or bodies.

For this evaluation, we propose to use the discrete multicriteria decision method (DMD): Analytic Hierarchy Process (AHP) and specifically within this methodology, the ratings or scoring model.

This approach arises from considering the Data Envelopment Analysis (DEA) as a particular case of DMD techniques (Mackeprang Pérez, 2003). This perspective equates: a) the minimum criteria to inputs, b) the maximum criteria to outputs c) and the alternatives to the decision making units (DMU).

The international literature accessed makes abundant reference to the analysis and evaluation of efficiency in Justice Courts by means of quantitative techniques, mainly in places like the USA, Canada and European countries.

This is not as common in Latin American countries. The works consulted show that the technique generally used in similar cases is Data

Envelopment Analysis, although we found some analysis which used parametric models (Pedraja, F. et al. 1995).

It is also important that, regardless of the techniques used (mathematical programming, parametric methods or multi-criteria decision analysis), the inputs and outputs defined do not differ greatly.

On the other hand, it is important to note that most of the studies carried out the analysis starting from the particular instances, ie focusing the analysis on a specific area (criminal, labor, civil, etc.) or on a particular jurisdiction or on a given instance.

It is stated on the other hand, the basic text of this chapter has been presented in full paper character in the Fourth International Workshop on Knowledge Discovery, Knowledge Management and Decision Support - Eureka-2013-, held in Mazatlan, Mexico. At that time he underwent refereed and accepted by the scientific committee of the event.

2. ADMINISTRATION OF ORDINARY JUSTICE IN ARGENTINA

The justice system in Argentina is composed of the judiciary of the nation and the judiciary of each of the provinces. The Argentine justice system is also integrated by the Public Prosecutor, the Public Ministry of Defense and the Council of the Magistracy.

The organization responds to a federal court of the Argentine State. Thus, there is, on the one hand, a federal court with jurisdiction throughout the country dealing with drugs, smuggling, tax evasion, money laundering, and other crimes that affect the income and security of the Nation. On the other hand, each of the Argentine provinces has a provincial justice in charge of common crimes (also called ordinary courts), with its own procedural law.

Consequently, we can say that the administration of justice in Argentina is built on the basis of two forums: ordinary courts and federal courts. The former are managed and organized by each province according to the autonomy that the Constitution confers. In Argentina, 24 provincial jurisdictions are recognized. The latter, federal courts, are an exception, and they deal with the cases specifically set forth in the Constitution. The territory of the Republic is divided into 17 federal jurisdictions.

The present study was performed on 24 provincial jurisdictions. The purpose is to understand the intrinsic rules of the system operation and therefore to be able to recommend measures to improve their operating efficiency and effectiveness.

3. THE PROBLEM

It is often thought that inefficient provision of public goods and services is an exclusive feature of the Latin American or the Third World Countries. This perspective usually responds to a limited outlook on the variables involved in this problem. Well known authors such as Michel Crozier (1989) can broaden the horizon of analysis. Crozier warns that the crisis in ... " Public Administration is not only French but is universal " ... adding that if you want to understand the reasons for this crisis you must take into account the greater number of needs, the consequent increase of the demands and fewer chances of intervention by the state, noting further that, paradoxically, the greater the degree of freedom of the individuals of a society the greater the need for organization. In this context, the only way to counter the characteristics of this scenario is to achieve an efficient, user-oriented state which provides public goods across the whole society.

That is, modern states face the challenge of providing more and more goods and services, minimizing their costs and maximizing their quality simultaneously. In particular, the provision of the public good "justice" must be endowed with universality, effectiveness and efficiency.

Within this framework, we present an evaluation model that will improve management processes, where system objectives align with available resources and provided inputs relate to the satisfaction of needs.

4. THEORETICAL FRAMEWORK

As we stated in the introduction to this paper, the methodology chosen for the evaluation of the production units of the regular courts in Argentina is the DMD method: Analytic Hierarchy Process.

The methodology chosen, at this early stage of research, is based on the characteristics of the Discrete Multi-Criteria Decision methods (DMD), which facilitate addressing unstructured problems, allowing the construction of an ordered pattern in levels of analysis according to their objectives, attributes, criteria and alternatives.

Furthermore, these models promote communication with the expert panel.

From the standpoint of formal mathematics, DMD issue responds to the following structure:

$$\begin{aligned} \text{Max } F(x) \\ x \in X \end{aligned}$$

where:

x is a vector $[x_1, x_2, x_3, \dots, X_n]$ of the decision alternatives.

X is the feasible region of the problem, or set of all values that can assume the alternatives.

$F(x)$ is the vector $F(x) = [f_1(x), f_2(x), f_3(x), \dots, f_r(x)]$; objective functions that represent the simultaneous goals of the problem.

Analytic Hierarchy Process

The Analytic Hierarchy Process was developed by Professor Thomas Saaty (Saaty, 1980) from the Wharton Business School (USA). AHP is used to structure the problems in different hierarchy levels. These hierarchical levels are set according to the criteria of the person who makes the decisions. This view helps to have an overview of the problem and to establish the relationships between the different factors that make the decision complex, helping the decision making process.

The method (AHP) can be broken down into a series of steps:

1. Performing hierarchical tree diagram of the problem.
2. Developing a binary comparisons matrix between the decision criteria.
3. Using the values to estimate the relative weights of the criteria.
4. Checking the consistency of the decision maker's judgments.
5. Developing binary comparisons matrices of alternatives with respect to each criterion.
6. Using the values to estimate the relative weights of the alternatives for each criterion.
7. Checking the consistency of the decision maker's judgments.
8. Evaluating alternatives globally.

Note that the calculations involved in steps 5, 6 and 7 on the comparison matrix of alternatives for each criterion, are mechanically identical to the calculations performed on the matrix of comparisons between criteria in steps 2, 3 and 4 respectively.

If we notice the repetition of steps, we can see clearly that AHP methodology proposes to order the decision making process which is based mainly on three stages:

- Structuring: by building a hierarchical tree that explains the different elements and levels of the problem.
- Estimating: both through calculation of the vectors and values to determine the priorities of the problem, as well, through the active participation of experts who contribute with their knowledge. This phase also comprises checking the logical consistency of the judgments that determines the consistency of the assessment process.

➤ Analyzing: This phase involves the evaluation and synthesis of the results to recommend intervention measures that contribute to achieving the objectives of the system.

The ratings or scorings model works similarly to traditional AHP. The model combines the ability to structure a problem through hierarchies and criteria, but adding the possibility of considering a significant number of alternatives.

Thomas Saaty suggested that the number of hierarchies and criteria should be limited to nine (9) items for each level, a figure which is determined by the human capacity to consider seven (7) separate units of information simultaneously, plus or minus two (7 +/- 2). The scientific basis of this range was found in studies by psychologist George Miller in 1950.

Traditional AHP model considers a maximum of nine alternatives, and the ratings model solved this problem building a categorical scale or standard, so alternatives are compared against this standard. The mechanism provides the ability to evaluate a lot of alternatives very easily and quickly.

The ratings approach requires selecting *a priori* a categorical scale consisting of several levels or categories represented by a prototype clearly defined for each criterion, and this avoids binary comparisons between alternatives. Imagine that in a decision problem with n alternatives, the number of comparisons would be equal to $[n * (n-1) / 2]$. In a case like this, where $n = 19$, the number of comparisons would be 171 for each criterion.

It should be noted that, the capability to become more familiar with defined categorical scales than with alternatives themselves is as important as the ability to handle a large number of alternatives.

Imagine if we compare only two or three candidates for a job with a carefully defined profile. In this case, it may be more appropriate to compare each alternative with the desired pattern instead of comparing alternatives as does the traditional model.

This involves considering that the use of the scoring model should not be restricted to the case of a large number of alternatives.

In the ratings models, criteria are compared with each other in pairs, but alternatives are compared with respect to the categorical scale. This scale can be defined in quantitative or qualitatively categories. The methodological steps in the ratings model are similar to those in the traditional model of AHP, replacing step 5 (pairwise comparisons with respect to each criterion) by comparisons of each alternative with the standards.

The formal model would be:

$$S_i = \sum_j \bar{w}_j \bar{r}_{ij}$$

Where:

\bar{w}_j = normalized relative weight of the criterion j

\bar{r}_{ij} = normalized rating (alternative i and criterion j)

S_i = score or valuation for the alternative i .

5. APPLICATION

5.1. Structuring Phase

This phase is aimed at understanding the problem through an integrated structure of levels. This requires identifying and clearly specifying the goal to be achieved, listing alternatives, selecting attributes and defining the evaluation criteria (inputs and outputs).

Goal

The goal is to evaluate the different units of the ordinary justice in Argentina. As a result of the evaluation, there arises a score for each alternative. This assessment produces a ranking of the units analyzed according to the criteria that support its management (these ranking problems are known as type problems Γ , Roy 1993).

Definition of Criteria

As mentioned above, the approach taken in this kind of analysis reveals an analogy between DMD techniques and data envelopment analysis (DEA). They are equipped with minimum criteria to inputs, maximum criteria to outputs and alternatives to the processing units.

According to the certified reviewed literature we can observe that, in general, there is consensus on the inputs that must be considered in this type of study. Considering that production manager justice units is a service, then, one can see that the most important input in the production process is labor involved, ie judges, officials and employees.

Regarding the outputs, we include: the population and the rate of resolution of cases.

Thanassoulis (2001) point out the idea that the choice of variables should arise, in most cases, when the factors affecting the performance of the decision making units are identified, which will inevitably be reflected in the data available.

Let us bear in mind the fact that the performance measure of a unit should be a monotone decreasing function of the input, that is, *ceteris*

paribus, the performance measure increases as the input decreases (and viceversa). We can also state this measure should be a monotone increasing function of the output, that is, an increase in an output should bring about, *ceteris paribus*, an increase in the performance measure.

In the case of the chosen output variables –rate of sentence resolution and number of inhabitants– it is necessary to point out that with reference to the “inhabitants” criterion, even when this criterion is not a direct product or service obtained from the inputs, it has been considered an indirect measure of the magnitude of the rendered services. Judges, government officials and judiciary employees must, by constitutional precept, attend to every inhabitant of the Argentine Nation.

Input variables:

- a. Judges (Input 1): number of judges, appellate judges, members and ministers assigned to a jurisdiction.
- b. Officials (Input 2): number of staff (senior employees) assigned to a jurisdiction.
- c. Employees (input 3): people assigned to a jurisdiction operating.

Output variables:

The output variables quantitatively demonstrate the product of different administrative units of service.

In this case we define two outputs:

- a. Sentencing resolution rate (TRS) = (cases resolved / cases filed)

The numerator (cases resolved) indicates the number of cases that were resolved both normally, as well as abnormally during the reporting year. that is, including completions for final judgment and other ways to end the process (ie, mediation settlements, transactions, expirations), etc.

The denominator (cases filed), indicates the number of cases filed for the first time in the court system in the reporting year.

- b. Population: number of people in a particular jurisdiction.

Alternatives

The set of possible alternatives to be evaluated consists of each provincial judiciary established in the area of the Republic and to the Autonomous City of Buenos Aires.

In a comprehensive way: $[J_i \in A; i \in I = \{i / i \in N \wedge 1 \leq n \leq 19\}]$

Where:

A = Set of Alternatives ($J_i = i ; i = 1, 2, \dots, 19$).

Extensively: the study analyzes the judiciary powers of the provinces of Buenos Aires, Catamarca, Chaco, Chubut, Córdoba, Corrientes, Entre Rios, Formosa, La Pampa, La Rioja, Mendoza,

Misiones, Neuquén, Salta, Santa Fe, Santiago del Estero Tierra del Fuego Tucuman¹ and the Autonomous City of Buenos Aires.

In short, the model designed for the evaluation DMD has 5 attributes, 3 inputs (minimization criteria), and 2 outputs (maximization criteria), and 19 alternatives (decision making units) subject to analysis.

The final assessment of each alternative resulting from the aggregation of the rating obtained by each jurisdiction of justice in each criterion is based on $h + k$ attributes associated respectively to two groups of variables, the input variables that represent the resources that each jurisdiction has to manage and output variables that measure the production of each of the jurisdictions.

The data used refer to 2010 and were obtained from published statistics of judiciary branches of the Argentine Provinces and ACBA prepared by the Federal Courts and Superior Courts of the Argentine Provinces and Autonomous City of Buenos Aires.

5.2. Evaluation Phase

At this stage, we worked with experts and data developed by Expert Choice software.

The categorical scale was set at 7 (seven) intervals. For the construction of the intervals we chose equidistant determination.

The methodology used for the investigation was formalized through personal interviews with repetitive questionnaires. During the whole process we formally respected the prospective method Delphi.

Consultations were made both to lawyers, as well as officials directly related to the administration of the justice system. We also consulted professionals as users of these services or for different reasons related to the activity analyzed, thus allowing us to have access to a "social " opinion.

5.3. Analysis and Synthesis Phase

Table N° 1 shows the overall evaluation of the alternatives (Administrative Jurisdictions of Justice) and the position they occupy in the ranking prepared according to the proposed methodology.

¹ Río Negro, San Luis, San Juan, Jujuy and Santa Cruz are not included in the study for lack of data in the publication "Statistics of the judiciary branches in the Argentine Provinces and ACBA", 2010.

Table 1: Overall evaluation of the Administrative Jurisdictions of Justice

ORDER	JURISDICTION OF JUSTICE	$S_i = \sum_j w_j \bar{r}_{ij}$
1	Tierra del Fuego	0,7508
2	Ciudad Autónoma de Buenos Aires	0,6724
3	La Pampa	0,6402
4	La Rioja	0,6191
5	Formosa	0,5832
6	Chubut	0,5821
7	Chaco	0,5435
8	Tucumán	0,5032
9	Entre Ríos	0,5001
10	Santiago del Estero	0,4710
11	Catamarca	0,4609
12	Neuquén	0,4565
13	Santa Fe	0,4338
14	Corrientes	0,4305
15	Salta	0,4148
15	Misiones	0,3904
17	Buenos Aires	0,3542
18	Córdoba	0,1993
19	Mendoza	0,1918

6. CONCLUSIONS

From the results, we highlight the following:

- The AHP ratings model determines, according to the assessment of each alternative, a preorder. In this particular case, the score obtained by each jurisdiction of judiciary administration is not repeated; therefore, we have determined a complete ranking of the evaluated units.
- The value of each decision making unit is determined by the aggregation function of the scorings model, and it should be interpreted as a consistent indicator of management according to the pre-defined criteria.
- The assessed valuation of each unit is an indicator of management from the point of view that it considers multiple criteria.

- The best unit evaluated is the jurisdiction of Tierra del Fuego with a value of 0.7508. The last position in the ranking is occupied by the jurisdiction of Mendoza with a score of 0.1918.

- The variation range is 0.5590. The average value of the aggregation function is 0.4840.

- From all units, 9 are evaluated over the average position (value of 0.4840) and 10 below this value.

- The standard deviation is equal to 0.1446.

- This standard deviation represents significant regional differences.

According to the values obtained by the different jurisdictions it has warned important regional differences.

- Regarding input 1 (magistrates), the jurisdictions of Buenos Aires, Chaco, Chubut, Formosa, Neuquén, Santiago del Estero, Tucumán and Tierra del Fuego get the best rating (0.10) . In this criterion, A.C.B.A. is the jurisdiction that gets the lowest score (0.0091).

- In input 2 (officials), the jurisdictions of Entre Rios, Formosa, La Pampa, La Rioja, Neuquén, Santiago del Estero, Tucumán and Tierra del Fuego get the best score (0,15). In this criterion Buenos Aires is the jurisdiction that gets the lowest score (0.0136).

- Regarding the third criterion of valuation, input 3 (employees), the jurisdictions of Formosa, La Pampa, La Rioja and Tierra del Fuego obtained the best rating (0,25). In this criterion, Buenos Aires is the jurisdiction that gets the lowest score (0.0227).

- It is important to note that small jurisdictions obtain the top position in the inputs (variables to minimize); and, on the other hand, the province of Buenos Aires gets the worst position. This refers to the regional imbalance of Argentina.

- With regard to the first criterion of maximization, output 1 (population), Buenos Aires gets the best position with a value of 0,15. The worst positions are obtained by the provinces of Formosa, La Pampa, La Rioja, Neuquén and Tierra del Fuego with a value of 0.0136. This variable is very important from the point of view that it tells how many people get justice services, but it is an uncontrollable variable, so it is very difficult to change.

- Regarding the second criterion of maximization, output 2, any jurisdiction obtains the maximum grade. The jurisdictions of Cordoba and Mendoza obtain the minimum qualifying missions.

- The range of variation of the aggregation function is (0.0907, 1.0000).

- If the value of the aggregation function is considered a proxy for the management capacity of the units evaluated, then, it can be set within the range of variation, compliance levels, attention or alarm. These intervals may facilitate detection of problems, difficulties or deviations in the system. These intervals automatically would set priorities.

Finally, and as we have already said, this study corresponds to the initial stage of analysis of the ordinary justice system in Argentina. The analysis has led to: a) determining a rating for each jurisdiction of ordinary courts in Argentina, b) ranking according to the performance of each jurisdiction of justice; assigning a preference order or position according to the valuation achieved, c) knowing the relevant variables of the system and its internal operating rules. Despite these achievements, it is considered important to advance in this research studying the efficiency of the different decision making units through specific programming methods such as models of Data Envelopment Analysis.

BIBLIOGRAPHY

- Constitución de la Nación Argentina. (1994) Editorial Espartaco. Argentina ISBN NS 987-98632-3-2.
- Crozier, M. (1989): "Estado Moderno, Estado Modesto". Fondo de Cultura Económica. Méjico.
- Miller, G. (1956): "The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information". *The Psychological Review*, vol. 63, pp. 81-97.
- Pedraja F., Salinas, J. (1995): "La Eficiencia en la Administración de Justicia. Las Salas de lo Contencioso de los Tribunales Superiores de Justicia" *Revista de Economía Aplicada* Número 8 (Vol III). Pág. 163 a 195.
- Pérez Mackeprang C. (2003): "DEA como Método de Evaluación Multiatributo Discreta"; XVI ENDIO – XIV EPIO. La Plata (Argentina).
- Roy, B. (1993): "Methodologie Multicritère d'Aide a la Decision". *Económica*. Paris. (Francia).
- Saaty, T. (1980): "The Analytic Hierarchy Process". Mc Graw Hill. New York. (USA).
- Thanassoulis, E. (2001): "Introduction to the theory and application of data envelopment analysis: a foundation text with integrated software. Norwell, Mass. : Kluwer Academic Publishers.
- Yonn, K., Hwang, C.L. (1995): "Multiple Attribute Decision Making: An Introduction". Sage. California, USA.

TEMPORARY STUDY EFFICIENCY OF THE ACADEMIC UNITS AT UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

CATALINA LUCÍA ALBERTO

CLAUDIA ETNA CARIGNANO

Key words: National University of Cordoba - Technical Efficiency 2007-2011 - DEA models.

1. INTRODUCTION

The Universidad Nacional de Córdoba (UNC) founded in 1613 is the oldest and one of the largest in the country. In 2011 it had 121,476 undergraduate students, 9,156 teaching positions and 83 degree programs. The university has 13 academic units, two pre-college high schools, two teaching hospitals and a blood lab. As well as the best universities in the world, UNC could also be helped in achieving its goals through a careful planning, a commitment to excellence by teachers, administrative staff and students, and its determination to invest in areas which aim at quality improvement.

Moreover, the external parameters which its programs and activities must be submitted to in order to achieve higher levels of accreditation, financial availability, international associations memberships or rankings presence, are constantly increasing.

With regard to the distribution of the budget, the University lacks a management system able to link the different levels and actors which are relevant to a process of institutional planning. The University Annual Budget is fundamentally made on historical basis, with a clear focus on *inputs* (means) financing, leaving the expected *results* (goals) unattended. Thus, there is a “transparent” distribution on its relative loads, which original basis have already lost sustenance or are even unknown, but are still respected as a main guideline and a way to ensure consensus.

Therefore, the budgetary debate usually focuses on annual increases. Those discussions are framed by institutional development objectives previously defined, e.g. growth of public work, care for the new needs demanded by the teachers, scholarships, science and technique.

Nevertheless, criteria on which these priorities are set and the resources for each AU or project are finally allocated are not always clear. As a corollary it can be said that there is still much to do in terms of improving budgetary decision making.

The purpose of this paper is to make a contribution in this direction by analyzing and comparing the performance of academic units between 2007 and 2011. A measurement of technical efficiency is proposed, using a nonparametric mathematical programming model (DEA) approach. This scope has been researched by many authors, such as Avkiran (2001), Stern Z., Mehrez A. and Barbooy A. (1994), Tomkins C. and Green R. (1988) and Thanassoulis E. and Dunstan P. (1994), among others.

It is stated on the other hand, the basic text of this chapter has been presented in full paper character in the Fourth International Workshop on Knowledge Discovery, Knowledge Management and Decision Support - Eureka-2013-, held in Mazatlan, Mexico. At that time he underwent refereed and accepted by the scientific committee of the event.

2. EFFICIENCY MEASUREMENT METHODS

The interest in Frontiers of Economic Efficiency analysis has grown rapidly since it arose in the 1950s-1960s, along with several publications about methodologies and applications regarding its estimation. In general, there are two main methodologies which were developed for efficiency measure: i) that sustained on econometric techniques; and ii) the one which uses mathematical programming. In both cases, the efficiency of a given productive unit comes from a relative distance measurement with regard to a frontier which is assumed as the maximum limit of efficiency.

On the one hand, the econometric approach specifies a certain formula for the production function, which characterizes the measured productive unit. Efficiency is represented by the distance between the unit and the proposed functional form. This approaching methodology is stochastic and the divergence from the efficiency frontier is considered a product of inefficiency as well as of a random error. In order to measure inefficiency, specific assumptions concerning the functional form of the frontier are imposed, which is a relatively complex process. On the other hand, the mathematical programming approach does not impose a specified structure for the frontier and any deviation is considered an inefficiency. Concerning which methodology is the most adequate, there are different points of view. Some authors adhere to the econometric methods, while others advocate for mathematical programming application. Econometric methods have been criticized for confusing potential efficiency

estimates with specification errors, added to its complexity. In contrast, mathematical programming is non-parametric, therefore less susceptible to specification errors. It does not require to assume, a priori, a functional structure of the frontier. It can be objected, however, that it is not able to consider the possibility of deviations that each productive unit may present regarding the efficient frontier, due to entirely random reasons. Punctual efficiency estimates can be obtained from the mathematical programming-based analysis, without being able to examine the accuracy of the estimation and, therefore, not being possible to know if the differences between the compared units are due exclusively to data errors, causing an estimate reliability issue. In order to correct these deficiencies, several analysis alternatives have been proposed with the aim of establishing the sensitivity of the estimates. Among the most widely accepted is the one carried out from a method which has been adapted to approximate the distribution of the efficiency estimator, referred to as DEA methodology, sustained on lineal programming. Beyond all these discussions, versatility and relative easiness of DEA implementation are undeniable.

3. DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

DEA is an optimization technique built for measuring the relative efficiency in a group of productive units, known as DMU (Decision Making Units), in the presence of multiple inputs and outputs. DEA provides a method to compare efficiency without the requirement of knowing in advance the production function, i.e., without the necessity to know a functional relation between inputs and outputs.

Generally, efficiency is considered a measure of comparison between inputs, outputs and the ideal values of each one of them. Thereby, comparisons are established between inputs consumed during the production process and the minimum amount required; or between outputs obtained and the maximum achievable. Thus, it is considered a technical efficiency, as known in the literature on the subject. It is said that a unit is technically efficient if it is technologically impossible to increase any output and/or reduce any input without decreasing, at the same time, at least another output and/or without improving at least another input.

In this study, in order to analyze the performance of the academic units, a DEA model with constant returns to scale was applied, as proposed by Charnes, Cooper & Rhodes (1978), whose formulation is as follows.

$$\begin{aligned} \text{Max } \theta &= u y^{(0)} \\ v x^{(0)} &= 1 \end{aligned}$$

$$u Y - v X \leq 0 \quad (1)$$

$$u \geq 0; v \geq 0$$

Where,

u and v are the weights of inputs and outputs, respectively;

$x^{(0)}$ and $y^{(0)}$ represent the vector of inputs and outputs, respectively, from the evaluated DMU;

X and Y are the inputs and outputs matrixes, whose rows correspond to each DMU;

θ indicates the value of the index of the evaluated unit.

In order to be considered efficient, a DMU must assure a value of θ equal to 100 and all the dummy variables of the model must be null.

With the purpose of obtaining efficiency in all the analyzed units.

The model (1) is known as Multipliers Model and its dual receives the name of Envelopment Model. The variables of this model designate the referred units of the DMU⁽⁰⁾ (assessed unit). Moreover, it provides information about potential increases that the DMU should achieve in case it is inefficient, with the aim of improving its performance and projecting toward the frontier.

4. VARIABLES TO BE CONSIDERED IN THIS PAPER

Thanassoulis (2001) remarked that "the selection of variables should emerge, in most cases, to identify factors which influence the performance of the assessed units, inevitably reflected in the available data."

Remember also that the measure of the efficiency of a unit must be a monotonically decreasing function of the inputs, i.e, *ceteris paribus*, efficiency increases when an input decreases (and vice versa). We can also say that this measure should be a monotonically increasing function of the outputs, i.e, an increase in output to produce, *ceteris paribus*, an increase in the measure of performance.

Experts in the superior education area intervened in the definition of the variables, and pointed out a certain amount of attributes to be considered when analyzing the efficiency of the academic units.

Subsequently, with the help of correlation statistical techniques, it was possible to reduce the number of variables to be included in the study.

The following are the final selected variables, whose data for the 2007- 2011 period was obtained from the Statistical Yearbook of the UNC.

INPUTS:

Non-teaching Staff: amount of support personnel in each AU.

EDE Teachers: number of full-time teachers in each AU.

The EDE Teachers variable is calculated as follows: full-time teachers + 0,5 part-time teachers + 0,25 simple dedication teachers.

OUTPUTS:

Students: amount of degree students in each AU.

Proy_SeCyT: total of research projects certified by Science and Technology Secretariat in each AU.

Undergraduate degrees: number of undergraduate degrees offered by each AU.

DECISION MAKING UNITS (DMUs):

Faculty of Architecture

Faculty of Sciences

Faculty of Chemistry

Faculty of Mathematics, Astronomy y Physics (FaMAF)

Faculty of Agricultural Sciences

Faculty of Medicine

Faculty of Odontology

Faculty of Law and Social Sciences

Faculty of Economics

Faculty of Philosophy and Humanities

Faculty of Psychology

Faculty of Languages

It must be said that the Faculty of Arts is not included in this analysis, because it is relatively new so there is not complete data in the consulted sources.

5. APPLICATION OF THE DEA MODEL

The efficiency indexes obtained for each AU are shown in Table 1, while the evolution of efficiency is presented in graphic 1.

The results allowed the identification of the evolution of efficiency in each AU during the analyzed term and show an incremental tendency in average indexes. In this line of evolution, the Faculty of Economics and the Faculty of Law and Social Sciences can be highlighted. The number of efficient AU has also increased.

Among the results, the following deserve to be underlined:

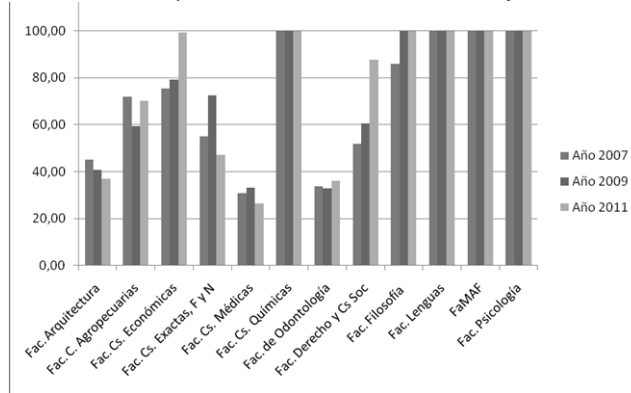
- Faculties of Languages; Psychology; Chemistry and FaMAF were efficient in all the analyzed years.
- Faculty of Philosophy and Humanities improved its performance, being efficient in 2009 and 2011.
- Indexes achieved by the Faculties of Architecture; Odontology and Medicine were lower than the average for all years.

From the information obtained by applying the DEA model, certain guidelines can be given to improve each AU in particular and the University as a whole. As an example some of the inefficient units are examined. In 2011 the Faculty of Architecture achieved a 36,90% index; graphic 2 compares the values of its input and output variables with those of the Faculty of Psychology, which is located on the efficiency frontier (100% index). It is possible to observe that the inefficient unit with much more resources (teachers and non-teaching staff) attended less students and it has less research projects. A similar analysis is presented in graphic 3 in relation to the Faculty of Odontology (36,20% index) and the Faculty of Chemistry (100% index). Meanwhile, graphics 4 and 5 show the potential improvements of both inefficient academic units, i.e. suggestions regarding input reduction and output increasing which should be carried out in order to situate them on the efficiency frontier. This information might be extremely useful for the purposes of decision-making processes, to be taken into account either for budget allocations or resource reassignments between the different units.

Table 1: Efficiency Scores

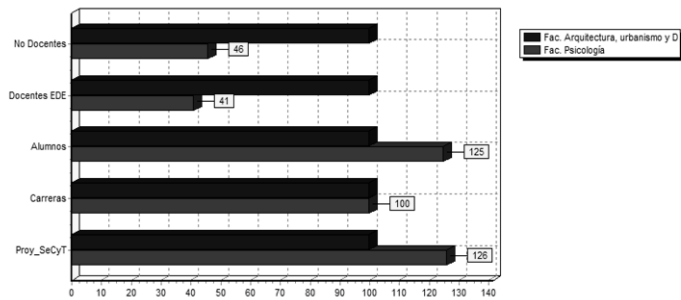
DMUs	Scores		
	2007	2009	2011
Faculty of Psychology	100,00	100,00	100,00
Faculty of Languages	100,00	100,00	100,00
FaMAF	100,00	100,00	100,00
Faculty of Chemistry	100,00	100,00	100,00
F. of Philosophy and Humanities	85,85	100,00	100,00
Faculty of Economics	75,45	79,18	99,19
Faculty of Agricultural Sciences	71,79	59,38	70,19
Faculty of Sciences	55,08	72,62	47,15
Faculty of Law and Social Sciences	51,79	60,59	87,76
Faculty of Architecture	45,07	40,69	36,86
Faculty of Odontology	33,76	32,81	36,19
Faculty of Medicine	30,90	33,02	26,35
Average efficiency :	70,81	73,19	75,31

Graphic 1: Evolution of efficiency



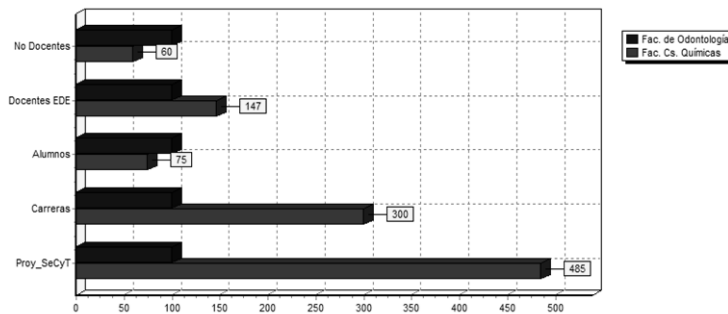
Graphic 2:

Variable comparison between Fac. of Odontology and Fac. of Chemistry

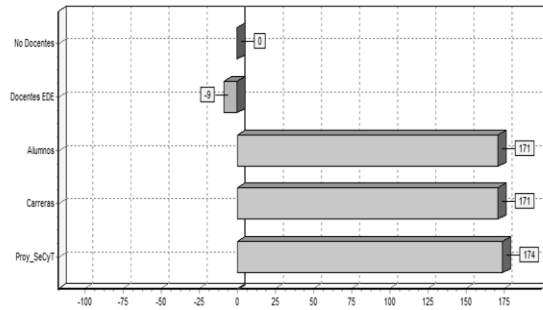


Graphic 3:

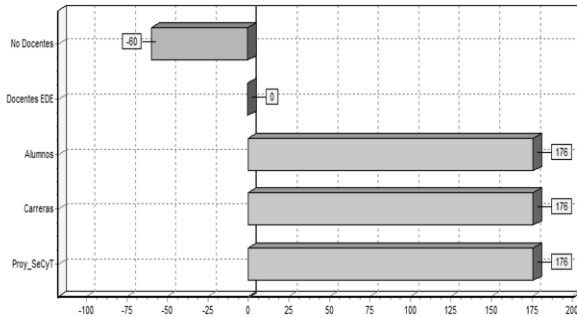
Variable comparison between Fac. of Architecture and Fac. Psychology



Graphic 4: Potential increasing. Faculty of Architecture



Graphic 5: Potential increasing. Faculty of Odontology



6. CONCLUSIONS

This paper presents an analysis of the actual situation in the Universidad Nacional de Córdoba, with regard to the use of teaching and non-teaching staff resources in each academic unit from the perspective of the efficiency with which they are being used. The sum of students, undergraduate degrees and research projects were considered. The information provided by the model in relation to each AU state of affairs contributes a clearer and more objective point of view for decision-makers when defining politics that involve the different AU. Moreover, it manifests the existing heterogeneity inside the twelve AU regarding number of students, research activity and amount of undergraduate degrees. For this reason, it would be interesting to broaden this study using additional DEA models, which would allow including the effects of the efficiency scale (Banker, Cooper and Rhodes, 1984) and to consider the presence of non-discretionary inputs (Banker and Morey, 1986).

BIBLIOGRAPHY

- Statistical Yearbook of the Universidad Nacional de Córdoba. 2007-2011. <http://www.unc.edu.ar/estudios/programas-saa/estadisticas/anuarios>. 10/02/2012.
- Avkiran N. (2001): "Investigating technical and scale efficiencies of Australian Universities through Data Envelopment Analysis". *Socio Economic Planning Sciences*, vol. 35, pp. 57-80.
- Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W. W. (1984): Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, vol. 30 (9), pp. 1078-1092.
- Banker R. and Morey R. (1986): "Efficiency Analysis fir Exogenously Fixed Inputs and Outputs". *Operations Research* 34. pp. 513-521.
- Bifulco R. and Bretschneider S. (2001): "Estimating School Efficiency. A Comparison of Methods Using Simulated Date". *Economics of Education Review*, pp. 417-429.
- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1978): "Measuring the Efficiency of Decision Making Units". *European Journal of Operational Research* 2, pp. 429-444.
- Cook W. and Seiford L. (2009): "Data Envelopment Analysis (DEA)-Thirty years on". *European Journal of Operational Research* 192 (2009) pp.1-17.
- Cooper, W. W., Seiford, L. y Tone, K. (2007). "Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software". New York, N.Y. Springer, Second Edition.
- Lindsay, A. (1981): "Assesing Institucional Performance in Higher Educations: A Managerial Perspective". *Higher Education*, Vol. 10, pp. 687-706.
- Stern Z., Mehrez A. and Barboy A. (1994): "Academics Departments Efficiency via DEA". *Computers and Operations Research* 21 (5), pp. 543-556.
- Tomkins C. and Green R. (1988): "An Experiment in the Use of Data Envelopment Analysis for Evaluating the Efficiency of UK University Departaments of Accounting". *Financial Accountability and Management*, vol. 4 (2), pp. 147-165.
- Thanassoulis, E. (2001): "Introduction to the theory and application of data envelopment analysis: a foundation text with integrated software. Norwell, Mass. Kluwer Academic Publishers.

ESTUDIO DE LA PERMANENCIA EN EL MERCADO DE LAS ENTIDADES BANCARIAS ARGENTINAS UTILIZANDO EL INDICE DE MALMQUIST

CLAUDIA BEATRIZ PERETTO

CATALINA LUCÍA ALBERTO

Palabras claves: Eficiencia de bancos – DEA - Índice de Malmquist - Continuidad.

1 - INTRODUCCIÓN

Este trabajo propone continuar el estudio realizado por las autoras sobre evaluación de eficiencia y continuidad en el mercado de las entidades bancarias de la República Argentina, presentado en el XXI ENDIO (2008). El estudio fue realizado utilizando el método DEA (*Data Envelopment Analysis*) sobre las Entidades bancarias de capital privado para los años 1998 - 2004, un período de tiempo especial en el cual se produjeron aperturas y cierres (por fusión o adquisición) de varias entidades. En este trabajo se empleará el Índice de Malmquist y su descomposición para analizar diferencias en la productividad y en la frontera de eficiencia de las entidades y determinar si existe alguna relación entre la eficiencia, la productividad y la permanencia de las mismas en el mercado.

Se hace constar, que el texto base de este capítulo ha sido presentado en carácter de full paper en el XXVI ENDIO y XXIV EPIO, realizado en la ciudad de Córdoba, Argentina, durante el año 2013. En esa oportunidad fue sometido a referato y aceptado por el comité científico del evento.

2. EVALUACIÓN DE EFICIENCIA EN EL SECTOR BANCARIO

Desde la década de los noventa, los distintos sectores de la economía Argentina han experimentando profundos cambios en las condiciones estructurales en las que compiten, por la presión de fenómenos como la globalización, la modificación de regulaciones y las nuevas tecnologías, entre otros. El entorno económico actual plantea

importantes desafíos en cuanto a lograr el crecimiento y la mejor inserción en el mundo.

En el caso del Sector Bancario, adquiere fundamental importancia la evaluación de la eficiencia, más aún en momentos de profunda crisis económico-social, como los que ha vivido nuestro país a partir de la crisis del 2001.

La salud del sistema financiero es uno de los objetivos centrales de la política económica. El desarrollo del sistema financiero y los potenciales riesgos asociados tienen un impacto trascendente sobre el desempeño de la economía. La evaluación del estado del sistema financiero, no sólo permite conocer como éste desarrolla sus principales funciones en la economía, sino también realizar proyecciones futuras.

Los cambios en las condiciones de mercado imponen, tanto al sector público como privado, nuevas exigencias en relación a la implementación y control de las políticas de gestión adoptadas. Es por ello, que se hace tan importante contar con herramientas adecuadas para medir la eficiencia de las organizaciones, de forma tal, que los encargados de tomar decisiones puedan identificar las causas de las ineficiencias y proveer acciones correctivas a fin de mejorar la asignación de recursos y establecer mecanismos de control que motiven una mejor gestión de los servicios.

En períodos como éstos, donde existen situaciones que afectan el normal desarrollo de la economía, la aplicación del método DEA proporciona medidas de eficiencia de cada entidad, referidas a cada uno de los años analizados en forma individual a partir de considerar múltiples *inputs* y *outputs*. No obstante, la sola aplicación de los modelos DEA clásicos no permitiría obtener una vinculación temporal que logre evidenciar la evolución de la actuación y de la productividad de cada una de esas entidades a lo largo de ese período de tiempo. Una forma de contemplar este interesante aspecto en un contexto no paramétrico, pueden ser considerando la utilización de métodos para el análisis temporal de la eficiencia, como pueden ser: Windows Analysis, un modelo DEA conjuntamente con el Índice de Malmquist ó el Modelo FDH.

En este trabajo se propone medir el desempeño de las entidades utilizando una medida de eficiencia global, que incluya en su formulación todas las variables medidas para cada entidad. De forma tal, que se pueda observar el desempeño de las instituciones bajo un enfoque sistémico que considere los Inputs y Outputs obtenidos.

El objetivo de este trabajo es evaluar la eficiencia de las Instituciones Bancarias privadas argentinas durante los años 1998 a

2004, período en el que se produce una gran variación en las entidades por apertura, cierre o fusión/adquisición. Se utilizará el Índice de Malmquist como herramienta para evaluar si existen diferencias en la productividad en este período. Se analizará si existe relación entre el desempeño, la productividad y la continuidad de las entidades en el mercado, a fin de evidenciar si las entidades Bancarias que terminan desapareciendo manifiestan debilidades de actuación en los años previos.

El presente trabajo se encuentra organizado de la siguiente forma: la sección 3 presenta las características del problema y de la evaluación de eficiencia; la sección 4 contiene una referencia al método DEA y el Índice de Malmquist que se utilizará en la medición de eficiencia y productividad; la sección 5 la aplicación al Sistema Bancario Argentino; la sección 6 las conclusiones.

3. LIMITACIÓN DEL PROBLEMA Y EVALUACIÓN DE EFICIENCIA

La evaluación de la eficiencia de las Entidades Financieras ha sido objeto de numerosos estudios, en los que se destacan la aplicación de distintas metodologías de análisis así como la utilización de diferentes enfoques de eficiencia.

Para delimitar el problema a analizar y los símbolos a utilizar, consideraremos un problema cuya estructura está caracterizada por las siguientes condiciones:

1) se trabaja en un sistema formado por n “elementos”, “proyectos”, “centros”, “alternativas”, etc., a los que denominaremos, unidades de decisión, DMUs (sigla de su denominación en inglés *Decision Making Units*²) o simplemente unidades.

2) cada una de estas unidades está caracterizada por p atributos (a cada uno de los cuales está asociada una variable). A su vez estas variables están divididas en dos grupos: de salida y de entrada. A los valores de cada una de estas variables los simbolizaremos por x_{ij} (variables de entrada o inputs) y y_{rj} (variables de salida o outputs), para $i = 1, 2, \dots, m$, $r = 1, 2, \dots, s$ y $j = 1, 2, \dots, n$, y representarán el valor del atributo i ó r (según sea entrada o salida) en la unidad j .

3) para cada una de las unidades consideradas se debería conocer o calcular una medida de desempeño, desde algún punto de vista, la que depende justamente de la evaluación de los atributos (variables) bajo consideración.

² Adoptando la denominación utilizada en DEA.

Se considerará que disponemos de información de n unidades pertenecientes a un Sistema de Referencia (SR) sujeto a evaluación. En nuestro problema las unidades serán cada uno de los Bancos que operan en la Argentina y el SR será el Sistema Bancario regulado por el BCRA (Banco Central de la República Argentina).

Con respecto a los atributos, de todas las variables que pueden ser consideradas en el análisis, algunas serán incorporadas en el numerador y otras en el denominador, a los fines del cálculo de los cocientes de eficiencia.

Por último, con respecto a la medida de desempeño a considerar, debemos tener claro que al hablar del rendimiento de una unidad productiva, generalmente, se utilizan indistintamente los conceptos de productividad y eficiencia; sin embargo, si bien existe una estrecha relación entre ellos, no significan exactamente lo mismo.

La productividad de un proceso es medida generalmente por el ratio: [output / input], es decir, la cantidad de salida (producción) obtenida por unidad de entrada (insumo) empleada en el proceso de producción. Debe tenerse presente que la productividad de un proceso está determinada por factores variables, como son: la tecnología empleada, el entorno en el cual se desarrolla el proceso productivo y la eficiencia de dicho proceso.

La eficiencia, es considerada como una medida de comparación entre los *inputs* utilizados, los *outputs* obtenidos y los valores ideales de cada uno de ellos. De esta forma, se establecen comparaciones entre las entradas consumidas en el proceso de producción y las cantidades mínimas necesarias; o bien, entre las salidas obtenidas y las máximas alcanzables.

Así, se considera lo que en la bibliografía referida al tema se conoce como "**eficiencia técnica**". Podemos precisar este concepto utilizando la definición más general, conocida como eficiencia de Pareto-Koopmans y enunciarla como lo hacen Pérez Mackeprang *et al.* (2001):

*"Diremos que una DMU es **técnicamente eficiente** en el proceso de transformación de un vector de entradas " \mathbf{x} " en un vector de salidas " \mathbf{y} ", sí y sólo sí, un incremento en una salida (una componente del vector " \mathbf{y} ") sólo es posible efectuando una disminución en al menos otra salida o mediante un incremento en al menos una entrada (componente del vector " \mathbf{x} "), o bien, si una reducción en al menos una entrada requiere el aumento en por lo menos otra entrada o una disminución en al menos una salida."*

Como cada unidad está asociada a una transformación (x,y) , el afirmar que una transformación es eficiente equivale a sostener que la unidad correspondiente también lo es.

4. DEA – ÍNDICE DE MALMQUIST

DEA (*Data Envelopment Analysis*) es una metodología de programación matemática, desarrollada específicamente para medir la eficiencia de un conjunto de unidades homogéneas (DMUs). Calcula la eficiencia relativa de cada unidad, con respecto al conjunto de todas las unidades analizadas. Este enfoque, nace como nueva metodología para medir la eficiencia, con el artículo de Charnes, Cooper y Rhodes (1978)³, donde se plantea un modelo de optimización fraccionaria y a partir del cual se deduce, mediante un cambio de variables, un modelo lineal equivalente y su correspondiente programa dual.

DEA es una herramienta que permite comparar la eficiencia técnica relativa de un grupo de unidades de producción de bienes y/o servicios, que utilizan el mismo tipo de entradas (recursos, insumos, ingresos, etc.) para generar un mismo grupo de salidas (productos, servicios, etc.). La metodología identifica unidades eficientes y permite hallar indicadores de gestión relativa para cada unidad con relación a aquellas que presentan el mejor desempeño. Además permite identificar y cuantificar las ineficiencias con relación a las entradas y salidas, dando así pautas para el mejoramiento de las distintas unidades analizadas.

Cuando analizamos el caso más simple, de una unidad que tiene una sola entrada y una sola salida, la eficiencia es definida como la proporción salida/entrada, coincidiendo, en este caso, con el concepto de productividad. La metodología DEA permite trabajar con unidades que tienen múltiples entradas y salidas, las que pueden ser agregadas en una única medida de eficiencia: la suma ponderada de las salidas dividida la suma ponderada de las entradas.

Los modelos DEA caracterizados anteriormente, analizan la eficiencia técnica de una unidad, considerando sólo el cambio de eficiencia debido al aumento o disminución como tal en un período de tiempo, pero no tienen en cuenta aspectos como el cambio tecnológico en esa variación.

El índice de la variación de productividad de Malmquist fue introducido por Caves *et al.* (1982), en base al trabajo de Malmquist (1953). El Índice de Malmquist permite medir la variación de la productividad entre dos periodos de tiempo. Al examinar los cambios

³ No obstante resulta conveniente aclarar que existen importantes antecedentes de este enfoque, como por ejemplo el artículo de Farrell (1957).

entre dos periodos de tiempo, se puede tener dos tecnologías de producción para establecer la comparación: la del periodo inicial y la del periodo final. Por lo tanto, es posible obtener dos índices de productividad según la tecnología de referencia asumida. Färe et al. (1992) construyeron un índice Malmquist basado en DEA, el cual corresponde a la media geométrica de dichos índices.

A diferencia de otras aproximaciones para la medición de la productividad, el índice de Malmquist también entrega información sobre el origen del cambio de productividad a través de la descomposición de este índice en una componente de cambio técnico y otra, de cambio en la eficiencia. La primera recoge la variación debida al desplazamiento de la frontera eficiente, por lo que expresa el grado en que la unidad analizada ha experimentado un cambio técnico. La segunda expresa la variación atribuible a la mejoría del rendimiento relativo de la unidad respecto a las mejoras de cada período, esto es, la unidad analizada ha experimentado un cambio de eficiencia.

Asúmase que existe una función de producción en el tiempo t y otra en el tiempo $t+1$. Para una dada DMU_0 , el cálculo de su respectivo índice de Malmquist requiere de dos medidas de distancia obtenidas a partir de las observaciones realizadas en cada periodo de tiempo por separado pero que pueden ser calculadas utilizando como fronteras de referencia la medida de distancia de uno u otro período de tiempo. Dado que elegir una u otra frontera de referencia es arbitrario, debido a que no necesariamente ambos índices serán iguales, es convencional establecer el Índice de Malmquist de cambio en la productividad como la media geométrica de los dos índices. De esta forma, el índice de productividad de Malmquist orientado a los *outputs* propuesto por Färe et al. (1992), el cual mide la variación de productividad para una dada DMU_0 entre los periodos $t+1$ y t , está dado por:

$$m_0(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \left[\frac{d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^t(x_t, y_t)} \right] \left[\frac{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2} \quad (1)$$

Donde:

$d_0^t(x_t, y_t)$ corresponde a la medida de eficiencia técnica de la DMU_0 en el periodo t , la cual es obtenida usando las observaciones de todas las DMU 's en el periodo t , es decir, $d_0^t(x_t, y_t) = \theta_0^t$,

$d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})$ corresponde a la medida de eficiencia técnica de la DMU₀ en el periodo $t+1$, la cual es obtenida usando las observaciones de todas las DMU's en el periodo $t+1$, es decir, $d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}) = \theta_0^{t+1}$,

$d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})$ corresponde a la medida de eficiencia técnica de la DMU₀ obtenida al sustituir los datos de la DMU₀ en el periodo t por los del periodo $t+1$, mientras que las observaciones de las demás DMU's han sido realizadas en el periodo t ,

$d_0^{t+1}(x_t, y_t)$ corresponde a la medida de eficiencia técnica de la DMU₀ obtenida al sustituir los datos de la DMU₀ en el periodo $t+1$ por los del periodo t , mientras que las observaciones de las demás DMU's han sido realizadas en el periodo $t+1$.

En el caso de que $m_0 > 1$, supone que la DMU₀ es más productiva en relación al período inicial. Este incremento en la productividad relativa de la DMU₀ podría deberse a diferentes causas. Por un lado, es posible que la DMU₀ haya mejorado su eficiencia relativa. Por otro lado, es posible que la tecnología disponible haya mejorado.

Färe et al. (1992) propusieron una descomposición del índice Malmquist que permite separar ambas fuentes de variación de la productividad en dos términos:

$$m_0 = \frac{D_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_0^t(x_t, y_t)} \left[\frac{D_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_0^t(x_t, y_t)} \frac{D_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_0^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2} \quad (1)$$

Donde:

$$\Delta EF_0^{t,t+1} = \frac{D_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_0^t(x_t, y_t)} \text{ mide el cambio de la eficiencia técnica}$$

de la DMU₀ entre el período t y el período $t+1$ y,

$$\Delta T_0^{t,t+1} = \left[\frac{D_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_0^t(x_t, y_t)} \frac{D_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_0^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2} \text{ mide el cambio de la}$$

frontera tecnológica de la DMU₀ entre el período t y el período $t+1$.

$\Delta EF_0^{t,t+1}$ refleja el cambio que se ha producido en la eficiencia relativa de la DMU (variación en la distancia que la separa de su frontera contemporánea), mientras que $\Delta T_0^{t,t+1}$ refleja el cambio en la

productividad que puede atribuirse al movimiento de la frontera entre los periodos t y $t+1$.

El Índice de Malmquist puede calcularse de diferentes formas según que método se utilice para valorar la función de distancia. En este estudio se propone realizar esta valoración utilizando el método DEA. Como señalan Färe et al. (1994) y Lovell (2003), puede calcularse suponiendo retornos constantes o variables a escala.

5. EVALUACIÓN DE EFICIENCIA Y ORDENACIÓN DE LOS BANCOS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

Utilizando los métodos anteriormente descriptos, realizaremos una aplicación en los Bancos de la República Argentina, partiendo del análisis de eficiencia presentado en el XXI ENDIO, razón por la que se utilizarán las variables y datos recopilados para dicho trabajo. Los mismos fueron obtenidos de las publicaciones del Banco Central de la República Argentina y corresponden en su mayoría a cuentas del Estado de Situación Patrimonial de cada Entidad.

5.1. Selección de variables

En general, en los estudios de eficiencia, se trabaja con dos grupos de variables: “variables de entrada” y “variables de salida”. En los análisis de eficiencia bancaria, existen ciertas controversias en la definición de cuáles variables de entrada y salida se deben considerar. Hay dos enfoques principales para definir las entradas y salidas bancarias: el enfoque de la producción y el enfoque de la intermediación.

En el proceso de selección de variables es muy importante tener en cuenta además de la opinión de los expertos, el objetivo fundamental del estudio y los antecedentes que puedan rescatarse de la bibliografía consultada.

Si el número de variables de entrada y salida es grande y/o son relativamente pocas las unidades, muchos métodos pierden precisión y por lo tanto potencia de discriminación o diferenciación de unidades en función de su desempeño. Es por ello que, en general, y sobre todo cuando se desea realizar inferencia y no solo descripción, se aplican una y otra vez técnicas de selección o filtrado de variables, que van desde la opinión de expertos hasta el uso de algoritmos específicos de selección de variables. Por este motivo, y con la finalidad de ser más objetivos a la hora de omitir alguna variable, se realizó la selección utilizando el Método de Jenkins. En Peretto et al. (2005-A) se puede ver en detalle la operatoria de este método, como así también analizar su aplicabilidad y la forma de utilizarlo en el caso particular de las entidades bancarias.

Al aplicar el método de Jenkins a los conjuntos de variables de entrada y de salida disponibles, seleccionamos las siguientes:

➤ **Variables de entrada:**

EMPLEADOS: dotación de personal de cada institución, medido en número de personas empleadas.

EGRESOS POR SERVICIOS: monto de egresos por servicios. Medido en millones de pesos. Estos egresos por servicios miden las erogaciones de la Entidad Financiera, pero vinculados a la prestación de otros servicios no financieros tales como cobro de impuestos, corresponsalías de valores, apertura de cuentas de depósitos, seguros, tarjetas de crédito, etc.

GASTOS ADMINISTRATIVOS: monto de gastos administrativos. Medido en millones de pesos. Mide diferentes ítems relacionados con la administración del negocio (luz, agua, teléfono, impuestos sobre inmuebles propios y fundamentalmente sueldos del personal)

PATRIMONIO NETO: total de patrimonio neto, medido en millones de pesos. Es un indicador del “tamaño” de la entidad y en consecuencia de una estructura que influirá en la prestación de los servicios financieros. Un porcentaje del mismo pasa normalmente a integrar la “capacidad prestable” de cada entidad.

EGRESOS FINANCIEROS: monto de egresos financieros (originados por los depósitos recibidos) medido en millones de pesos. Estos egresos financieros son, en primer lugar, una medida de flujo anual. Asimismo, al menos en forma aproximada, son función de los depósitos promedios del año y de la tasa activa promedio (tasa pagada por los depósitos).

➤ **Variables de salida:**

INGRESOS FINANCIEROS: monto de ingresos financieros (originados por los préstamos otorgados), medido en millones de pesos. Al menos en forma indirecta y aproximada, son función de los préstamos promedio de todo el año y de la tasa promedio de interés pasiva (tasa cobrada por los préstamos otorgados).

INGRESOS POR SERVICIOS: monto de ingresos por servicios. Medido en millones de pesos. Este concepto mide, por intermedio de los ingresos que genera, los otros servicios (distintos de los que generan depósitos y prestamos) prestados por la entidad.

5.2. Definición de entidades consideradas

El estudio se realizará sobre las Entidades Financieras Bancarias privadas de la República Argentina, excluyendo las cooperativas, dado que son organizaciones que más que dedicarse a la intermediación

persiguen una finalidad relacionada con el interés social. Los datos a utilizar serán obtenidos de las publicaciones del Banco Central de la República Argentina, a fin de realizar un estudio con variables anuales de cada entidad para cada uno de los años del período 1998 – 2004, que permita analizar su desempeño, la variación en la productividad y la influencia sobre su continuidad en el mercado.

La permanencia de las Entidades es conocida y para el período mencionado se puede ver en la Tabla 1.

Tabla 1: Permanencia de Entidades Financieras en el Sistema Bancario

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Bacs Banco de Crédito y Sec. S.A.				x	x	x	x
Banco Bansud S.A.		x	x	x	x		
Banco Banex S.A.						x	x
Banco CMF S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Banco Columbia						x	x
Banco Comafi S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Banco de Galicia y Bs. As. S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Banco de la Ed.de Olavarría S.A.	x	x	x	x			
Banco de San Juan S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Banco de Santa Cruz S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Banco de Santiago del Estero S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Banco de Servicios y Transacciones S.A.						x	x
Banco de Valores S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Banco del Sol S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Banco del Tucumán S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Banco Finansur S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Banco Hipotecario S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Banco Julio S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Banco Macro S.A.	x	x	x	x	x		
Banco Macro Bansud S.A.						x	x
Banco Meridian S.A.						x	x
Banco Patagonia S.A.			x	x	x	x	x
Banco Piano S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Banco Privado de Inversiones S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Banco Regional de Cuyo S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Banco Saenz S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Banco San Luis S.A.	x	x	x	x	x		
Banco San Miguel de Tucumán S.A.	x	x	x	x			
Banco Supervielle S.A.						x	x
MBA Banco de Inversiones S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Nuevo Banco de La Rioja S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Nuevo Banco de Santa Fe S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Nuevo Banco Industrial de Azul S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Nuevo Banco Suquía S.A.	x	x	x	x	x	x	x
Total de Entidades por año	25	26	27	28	26	29	29

Referencias: x indica que durante el correspondiente año la Entidad estuvo en actividad e informó sus estados contables al BCRA.

Como se puede ver en la tabla anterior, en el período 1998 – 2004 llegaron a existir un total de 34 bancos de los cuales 21 tuvieron actividad durante todos los años considerados (62%), 5 cerraron (15%) y 8 iniciaron sus actividades durante el período (23%). Los que iniciaron actividad, en su mayoría, provienen de la fusión o adquisición de una o varias de las entidades cerradas, pero son analizados en forma separada para expresar en forma independiente el desempeño de cada uno de ellos.

5.3. Aplicación del Método DEA

Para calcular el índice de eficiencia relativa de las unidades seleccionadas se utilizó el modelo clásico, CCR orientado a las salidas, Charnes, Cooper y Rhodes (1978).

Si bien el modelo DEA, del que se desprende el Índice de Malmquist, puede tener una orientación a los *inputs* o a los *outputs*, el concepto de productividad conduce a emplear la orientación a los *outputs* (Sathye, 2002). Al mismo tiempo se utilizará el criterio de retornos a escala constantes, ya que en un contexto con retornos a escala variables, el Índice de Malmquist no mide con precisión los cambios de productividad (Tortosa-Ausina et al., 2008). Se procesó la información con el programa Frontier Analysis. La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 2: Índice anual de eficiencia técnica (CCR) Entidades Bancarias

DMUs	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Media
Bacs Banco de Crédito y Sec. S.				100,00	100,00	60,51	100,00	90,13
Banco Banex S.A.						77,86	79,41	78,64
Banco Bansud S.A.		73,50	100,00	100,00	100,00			93,37
Banco CMF S.A.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Banco Columbia						86,57	100,00	93,28
Banco Cornabi S.A.	85,76	100,00	100,00	84,51	100,00	94,77	100,00	95,01
Banco de Galicia y Bs. As. S.A.	95,60	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,37
Banco de la Ed. de Olavarría S.A.	90,04	100,00	100,00	100,00				97,51
Banco de San Juan S.A.	99,83	99,63	100,00	97,08	90,76	89,09	92,02	95,49
Banco de Santa Cruz S.A.	100,00	100,00	100,00	100,00	99,78	93,70	100,00	99,07
Banco de Santiago del Estero S.A	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	89,09	98,44
Banco de Servicios y Transaccion						73,90	100,00	86,95
Banco de Valores S.A.	100,00	100,00	96,26	96,92	98,31	100,00	100,00	98,78
Banco del Sol S.A.	100,00	100,00	100,00	100,00	25,91	84,39	100,00	87,19
Banco del Tucumán S.A.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	87,85	98,26
Banco Finansur S.A.	91,59	100,00	100,00	97,16	30,63	66,12	91,31	82,40
Banco Hipotecario S.A.	100,00	100,00	99,30	100,00	100,00	100,00	100,00	99,90
Banco Julio Sociedad Anónima	100,00	100,00	100,00	87,36	54,46	82,28	72,94	85,29
Banco Macro S.A.	87,54	93,47	94,16	85,70	86,58			89,49
Banco Macro Bansud S.A.						73,08	82,98	78,03
Banco Meridian S.A.						69,71	43,40	56,56
Banco Patagonia S.A.			95,01	100,00	87,28	81,49	100,00	92,76
Banco Plano S.A.	85,72	85,93	88,53	80,60	85,18	83,29	80,41	84,24
Banco Privado de Inversiones S.A	60,00	99,78	100,00	93,48	100,00	100,00	100,00	93,32
Banco Regional de Cuyo S.A.	84,40	89,51	100,00	100,00	83,35	73,17	100,00	90,06
Banco Saenz S.A.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Banco San Luis S.A.	84,48	86,06	91,90	95,05	96,46			90,79
Banco San Miguel de Tucumán S.A.	100,00	100,00	100,00	100,00				100,00
Banco Supervielle S.A.						100,00	98,59	99,30
MBA Banco de Inversiones S.A.	100,00	100,00	93,18	100,00	100,00	100,00	100,00	99,03
Nuevo Banco de La Rioja S. A.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Nuevo Banco de Santa Fe S. A.	92,30	100,00	100,00	97,74	87,74	79,62	82,75	91,45
Nuevo Banco Industrial de Azul S	96,93	89,99	93,75	90,66	100,00	100,00	100,00	95,90
Nuevo Banco Suquia S.A.	100,00	100,00	90,87	100,00	100,00	100,00	100,00	98,70
Media	94,17	96,84	97,89	96,65	89,48	88,61	93,13	92,31
Desviación Estándar	9,25	6,60	3,50	5,62	20,58	12,59	12,49	8,97

5.4. Aplicación del Índice de Malmquist

Para calcular el Índice de Malmquist se utilizó el programa Frontier Analysis. Se calculó el Índice de Malmquist (M), el Cambio en la eficiencia técnica (CEF) y el Cambio en la frontera tecnológica (CT) para cada uno de los pares de años del período 1998-2002, los cuales pueden verse en la Tabla 3.

Tabla 3: Índice de Malmquist Entidades Bancarias- Período (1998-2002)

Entidad bancaria	1998-1999			1999-2000			2000-2001			2001-2002		
	M	CEF	CT	M	CEF	CT	M	CEF	CT	M	CEF	CT
Banco Bansiud S.A.				1,4142	1,3606	1,0394	1,5784		1,5784	1,2119		1,2119
Banco CMF S.A.	1,0828		1,0828	1,0565		1,0565	1,2596		1,2596	1,2699		1,2699
Banco Comafi S.A.	1,3067	1,1660	1,1207	0,9039		0,9039	0,9369	0,8462	1,1072	1,6409	1,1818	1,3885
Banco de Galicia y Bs. As. S.A.	1,0722	1,0475	1,0236	1,0611		1,0611	1,0944		1,0944	1,9650		1,9650
Banco de la Ed. de Olavarría S.A.	1,2636	1,1107	1,1377	0,9906		0,9906	1,3798		1,3798			
Banco de San Juan S.A.	0,9987	0,9980	1,0008	0,9969	1,0037	0,9932	0,9214	0,9708	0,9492	0,7991	0,9038	0,8842
Banco de Santa Cruz S.A.	0,9312		0,9312	1,0191		1,0191	0,9327		0,9327	0,9713	0,9080	1,0698
Banco de Santiago del Estero S.A.	0,7879		0,7879	0,9144		0,9144	1,1350		1,1350	2,0641		2,0641
Banco de Valores S.A.	1,1353		1,1353	0,8701	0,9626	0,9039	1,0299	1,0069	1,0229	1,5774	1,0096	1,5623
Banco del Sol S.A.	0,9463		0,9463	1,0151		1,0151	0,9769		0,9769	0,3752	0,2591	1,4483
Banco del Tucumán S.A.	0,8634		0,8634	0,9475		0,9475	1,0697		1,0697	1,2256		1,2256
Banco Finansur S.A.	1,1858	1,0918	1,0861	0,8737		0,8737	1,0221	0,9716	1,0520	0,3774	0,3140	1,2020
Banco Hipotecario S.A.	1,0014		1,0014	0,9133	0,993	0,9198	1,0851	1,0071	1,0775	1,4485		1,4485
Banco Julio Sociedad Anónima	1,1535		1,1535	0,7908		0,7908	0,8141	0,9933	0,8196	1,0466	0,5483	1,9089
Banco Macro S.A.	1,0562	1,0677	0,9892	0,9923	1,0074	0,9851	0,9403	0,9102	1,0331	0,9341	0,9867	0,9467
Banco PIANO S.A.	0,9878	1,0025	0,9853	0,9807	1,0302	0,9519	1,0637	0,9105	1,1682	1,4299	1,0568	1,3530
Banco Privado de Inversiones S.A.	1,7261	1,6631	1,0379	0,8868	1,0022	0,8849	1,0090	0,9374	1,0764	1,3242	1,0668	1,2413
Banco Regional de Cuyo S.A.	1,0209	1,0605	0,9627	1,3223	1,1172	1,1836	1,0122		1,0122	0,7788	0,8314	0,9368
Banco Saenz S.A.	0,9035		0,9035	0,9309		0,9309	0,9341		0,9341	1,5685		1,5685
Banco San Luis S.A.	1,0445	1,0186	1,0254	0,9992	1,0679	0,9356	1,0716	1,0343	1,0361	1,2738	1,0131	1,2573
Banco San Miguel de Tucumán S.A.	0,7530		0,7530	1,1284		1,1284	1,1834		1,1834			
MIBA Banco de Inversiones S.A.	0,8631		0,8631	0,7095	0,9318	0,7614	1,5069	1,0731	1,4042	0,9980		0,9980
Nuevo Banco de La Rioja S. A.	1,9516		1,9516	0,4421		0,4421	0,9887		0,9887	0,6757		0,6757
Nuevo Banco de Santa Fe S. A.	0,8521	1,0634	0,7865	0,8695		0,8695	0,9799	0,9774	1,0025	0,5914	0,8977	1,1043
Nuevo Banco Industrial de Azul S	0,9421	0,9283	1,0148	0,9498	1,0418	0,9117	1,0933	0,9798	1,1158	1,9684	1,0887	1,8080
Nuevo Banco Surquía S.A.	1,0481	1,0037	1,0442	0,8096	0,9087	1,0009	1,1782	1,1005	1,0706	1,6634		1,6634
Media	1,0490	1,0431	1,0057	0,9440	1,0138	0,9312	1,0718	0,9880	1,0848	1,1327	0,8745	1,2952
Mejora / deterioro (%)	4,90	4,31	0,57	-5,60	1,38	-6,88	7,18	-1,20	8,48	13,27	-12,55	29,52

Referencias: resaltadas las Entidades que cesaron su actividad a partir del 2001. Índice de Malmquist (M), Cambio en la Eficiencia Técnica (CEF), Cambio en la Frontera Tecnológica (CT).

También se calculó el Índice de Malmquist para los años 1998 y 2001, cuyos resultados se pueden ver en la tabla 4.

Se tomaron estos dos años, para evaluar el cambio en la productividad entre el primer y el último año del período. Se consideró como último año 2001, dado que en el 2002 algunas de las Entidades bajo análisis ya habían cesado en sus actividades.

Tabla 4: Índice de Malmquist Entidades Bancarias años 1998 y 2001

Entidad bancaria	1998-2001		
	M	CEF	CT
Banco Bansud S.A.			
Banco CMF S.A.	1,1939	1,0000	1,1939
Banco Comafi S.A.	1,0397	0,99	1,0538
Banco Finansur S.A.	0,9859	1,0608	0,9294
Banco Hipotecario S.A.	0,9711	1	0,9711
Banco Julio Sociedad Anónima	0,7968	0,9933	0,8022
Banco Macro S.A.	1,0108	0,9790	1,0324
Banco Piano S.A.	1,0682	0,9403	1,1360
Banco Privado de Inversiones S.A	1,6540	1,5624	1,0586
Banco Regional de Cuyo S.A.	1,3155	1,1848	1,1104
Banco Saenz S.A.	0,7290	1	0,7290
Banco San Luis S.A.	1,1663	1,1251	1,0366
Banco San Miguel de Tucumán S.A.	0,9042	1	0,9042
Banco de Galicia y Bs. As. S.A.	1,2450	1,0475	1,1885
Banco de San Juan S.A.	0,9344	0,9724	0,9610
Banco de Santa Cruz S.A.	0,9538	1	0,9538
Banco de Santiago del Estero S.A	0,8549	1	0,8549
Banco de Valores S.A.	0,9682	0,9692	0,9990
Banco de la Ed.de Olavarría S.A.	1,6271	1,1107	1,4650
Banco del Sol S.A.	0,9702	1	0,9702
Banco del Tucumán S.A.	0,8919	1	0,8919
MBA Banco de Inversiones S.A.	0,9876	1	0,9876
Nuevo Banco Industrial de Azul S	0,9958	0,9476	1,0509
Nuevo Banco Suquia S.A.	1,1045	1,0037	1,1004
Nuevo Banco de La Rioja S. A.	0,8125	1	0,8125
Nuevo Banco de Santa Fe S. A.	1,0081	1,0589	0,9521
Media	1,0476	1,0377	1,0058
Mejora / deterioro	4,76	3,77	0,58

Referencias: resaltadas las Entidades que cesaron su actividad a partir del 2001. Índice de Malmquist (M), Cambio en la Eficiencia Técnica (CEF), Cambio en la Frontera Tecnológica (CT).

5.5. Análisis de los resultados

En base a las variables incluidas en el estudio, el Método DEA determina las Entidades Bancarias eficientes en cada uno de los años considerados y aquellas que están por debajo de este nivel, que van a ser consideradas ineficientes.

La Tabla 2 presenta la eficiencia técnica de las Entidades Bancarias para cada uno de los años en los que tuvieron actividad en el período considerado

En las dos últimas filas podemos ver la eficiencia media y la desviación estándar del sistema en cada uno de los años considerados. Si bien en la mayoría de los años la eficiencia media es superior al 90%, se puede apreciar que hay dos años (2002 y 2003) que presentan una caída abrupta. Esto es razonable si tenemos en cuenta que a fines del año 2001 se produjo una crisis económica financiera de gran magnitud en nuestro país, con importantes consecuencias en el Sistema Bancario.

Esta idea se refuerza si se analiza para cada año, la cantidad de Entidades eficientes e ineficientes, lo que permite ver que en estos dos

años se produce un aumento notable de Entidades ineficientes y del porcentaje de Entidades ineficientes en el Sistema, como se puede ver en la Tabla 5.

Tabla 5: Entidades eficientes e ineficientes

Cantidad de Entidades Bancarias	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Eficientes	13	18	18	17	14	13	18
Ineficientes	12	8	9	11	12	16	11
Total	25	26	27	28	26	29	29
% de Entidades ineficientes	48,00	30,77	33,33	39,29	46,15	55,17	37,93

Además, en relación al desempeño de las Entidades, es útil establecer un nivel de *eficiencia satisfactoria* sin dejar de considerar que si una empresa puede lograr un determinado nivel de resultados, con un nivel de recursos establecido, cualquier otra podría alcanzar similares resultados.

Para establecer el nivel de eficiencia satisfactoria, se puede recurrir a la media del desempeño de las entidades en estudio, y así considerar “satisfactorias” a aquellas cuyo nivel de eficiencia supere el de la media del grupo, teniendo en cuenta que están en condiciones de alcanzar la frontera de eficiencia al mejorar su actuación. En este caso, el nivel de eficiencia satisfactoria es 92,31, y todas las entidades cuyos índices de eficiencia superen este valor serán consideradas eficientes. De las 34 Entidades estudiadas 13 de ellas resultaron con índices de eficiencia inferiores a la eficiencia satisfactoria. Es decir, un 38% de las entidades estudiadas resultaron ineficientes.

Para cada uno de los pares de años del período 1998-2002, se presentan en la Tabla 3 el Índice de Malmquist y sus dos componentes: el cambio en la eficiencia técnica y el cambio en la frontera tecnológica. En las dos últimas filas se puede ver la media⁴ de cada año y en base a ella, la mejora o deterioro en la productividad anual del sistema. En los resultados del año 2000 con respecto al año 1999, se observa un deterioro en la productividad atribuible totalmente a una disminución de la frontera tecnológica.

En la Tabla 4, que contiene el Índice de Malmquist del año 2001 con respecto al año 1998, se observa una mejora en la productividad explicada principalmente por un aumento en la eficiencia técnica.

Con criterio similar al utilizado en el análisis de la eficiencia técnica de las Entidades Bancarias, se puede establecer un *nivel de cambio en la productividad satisfactorio*, un *nivel de cambio en la eficiencia técnica*

⁴ Dicha Media, en todos los casos hace referencia a la Media Geométrica de los valores bajo análisis.

satisfactorio y un nivel de cambio en la frontera tecnológica satisfactorio. Teniendo en cuenta que serán “satisfactorias” aquellas Entidades que superen la media del grupo, surgen los siguientes resultados:

- Índice de Malmquist (M): el nivel de cambio de productividad satisfactorio es 1,0471, que corresponde al Cambio en la Productividad promedio del Sistema. De las 26 Entidades bajo estudio, 14 de ellas resultaron con Índice de Malmquist promedio superior a este valor (Tabla 6). Por lo tanto, un 54% de las Entidades han tenido un incremento en su productividad superior a la media del Sistema. En la misma tabla, se puede ver para cada año, el promedio del Índice de Malmquist y la mejora o deterioro que se produjo con respecto al año anterior. Se observa una mejora en la productividad en la mayoría de los años, salvo en el año 2000 que se produjo un deterioro en la productividad con respecto al año 1999.

Tabla 6: Índice de Malmquist de las Entidades Bancarias (1998-2002)

Entidad bancaria	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	Productividad media
	M	M	M	M	
Banco Bansud S.A.		1,4142	1,5784	1,2119	1,3934
Banco CMF S.A.	1,0828	1,0565	1,2596	1,2699	1,1631
Banco Comafi S.A.	1,3067	0,9039	0,9369	1,6409	1,1608
Banco de Galicia y Bs. As. S.A.	1,0722	1,0611	1,0944	1,9650	1,2507
Banco de la Ed.de Olavarría S.A.	1,2636	0,9906	1,3798		1,1998
Banco de San Juan S.A.	0,9987	0,9969	0,9214	0,7991	0,9253
Banco de Santa Cruz S.A.	0,9312	1,0191	0,9327	0,9713	0,9629
Banco de Santiago del Estero S.A	0,7879	0,9144	1,1350	2,0641	1,1398
Banco de Valores S.A.	1,1353	0,8701	1,0299	1,5774	1,1255
Banco del Sol S.A.	0,9463	1,0151	0,9769	0,3752	0,7703
Banco del Tucumán S.A.	0,8634	0,9475	1,0697	1,2256	1,0177
Banco Finansur S.A.	1,1858	0,8737	1,0221	0,3774	0,7951
Banco Hipotecario S.A.	1,0014	0,9133	1,0851	1,4485	1,0950
Banco Julio Sociedad Anónima	1,1535	0,7908	0,8141	1,0466	0,9389
Banco Macro S.A.	1,0562	0,9923	0,9403	0,9341	0,9795
Banco Piano S.A.	0,9878	0,9807	1,0637	1,4299	1,1017
Banco Privado de Inversiones S.A	1,7261	0,8868	1,0090	1,3242	1,1959
Banco Regional de Cuyo S.A.	1,0209	1,3223	1,0122	0,7788	1,0157
Banco Saenz S.A.	0,9035	0,9309	0,9341	1,5685	1,0536
Banco San Luis S.A.	1,0445	0,9992	1,0716	1,2738	1,0925
Banco San Miguel de Tucumán S.A.	0,7530	1,1284	1,1834		1,0018
MBA Banco de Inversiones S.A.	0,8631	0,7095	1,5069	0,9980	0,9796
Nuevo Banco de La Rioja S. A.	1,9516	0,4421	0,9887	0,6757	0,8713
Nuevo Banco de Santa Fe S. A.	0,8521	0,9895	0,9799	0,9914	0,9513
Nuevo Banco Industrial de Azul S	0,9421	0,9498	1,0933	1,9684	1,1780
Nuevo Banco Suquia S.A.	1,0481	0,9096	1,1782	1,6634	1,1691
Media	1,0490	0,9440	1,0718	1,1327	1,0471
Mejora / deterioro (%)	4,90	-5,60	7,18	13,27	

Referencias: resaltadas las Entidades que cesaron su actividad a partir del 2001. Índice de Malmquist (M). Con negrita Entidades cuyo cambio en la productividad fue inferior al promedio del Sistema.

- Cambio en la eficiencia técnica (CEF): el nivel de cambio en la eficiencia técnica satisfactorio es 0,09777, que corresponde al Cambio en la eficiencia técnica promedio del Sistema. De las 26 Entidades bajo estudio, 21 de ellas resultaron con CEF promedio

superior a este valor (Tabla 7). Por lo tanto, un 19% de las Entidades han obtenido una eficiencia promedio inferior a la media del Sistema, en algunos casos levemente inferior. Con respecto a la mejora o deterioro anual, se observa un deterioro en la eficiencia a partir del año 2001, año en que se produjo la crisis económica financiera en el país.

Tabla 7: Cambio eficiencia técnica Entidades Bancarias (1998-2002)

Entidad bancaria	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	CEF Media
	CEF	CEF	CEF	CEF	
Banco Bansud S.A.		1,3606	1	1	1,1081
Banco CMF S.A.	1	1	1	1	1,0000
Banco Comafi S.A.	1,1660	1	0,8462	1,1818	1,0392
Banco de Galicia y Bs. As. S.A.	1,0475	1	1	1	1,0117
Banco de la Ed.de Olavarría S.A.	1,1107	1	1	1	1,0356
Banco de San Juan S.A.	0,9980	1,0037	0,9708	0,9038	0,9682
Banco de Santa Cruz S.A.	1	1	1	0,9080	0,9762
Banco de Santiago del Estero S.A	1	1	1	1	1,0000
Banco de Valores S.A.	1	0,9626	1,0069	1,0096	0,9946
Banco del Sol S.A.	1	1	1	0,2591	0,7135
Banco del Tucumán S.A.	1	1	1	1	1,0000
Banco Finansur S.A.	1,0918	1	0,9716	0,3140	0,7597
Banco Hipotecario S.A.	1	0,993	1,0071	1	1,0000
Banco Julio Sociedad Anónima	1	1	0,9933	0,5483	0,8591
Banco Macro S.A.	1,0677	1,0074	0,9102	0,9867	0,9914
Banco Piano S.A.	1,0025	1,0302	0,9105	1,0568	0,9984
Banco Privado de Inversiones S.A	1,6631	1,0022	0,9374	1,0668	1,1362
Banco Regional de Cuyo S.A.	1,0605	1,1172	1	0,8314	0,9962
Banco Saenz S.A.	1	1	1	1	1,0000
Banco San Luis S.A.	1,0186	1,0679	1,0343	1,0131	1,0333
Banco San Miguel de Tucumán S.A.	1	1	1	1	1,0000
MBA Banco de Inversiones S.A.	1	0,9318	1,0731	1	1,0000
Nuevo Banco de La Rioja S. A.	1	1	1	1	1,0000
Nuevo Banco de Santa Fe S. A.	1,0834	1	0,9774	0,8977	0,9874
Nuevo Banco Industrial de Azul S	0,9283	1,0418	0,9798	1,0887	1,0078
Nuevo Banco Suquia S.A.	1,0037	0,9087	1,1005	1	1,0009
Media	1,0431	1,0138	0,9880	0,8745	0,9777
Mejora / deterioro (%)	-4,31	1,38	-1,20	-12,55	

Referencias: resaltadas las Entidades que cesaron su actividad a partir del 2001. Cambio en la Eficiencia Técnica (CEF). Con negrita Entidades con cambio en la eficiencia técnica inferior al promedio del Sistema.

- Cambio en la frontera tecnológica (CT): el nivel de cambio en la frontera tecnológica satisfactorio es 1,0710, que corresponde al Cambio en la frontera tecnológica promedio del Sistema. De las 26 Entidades bajo estudio, 13 de ellas resultaron con CT promedio superior a este valor (Tabla 8). Por lo tanto, un 50% de las Entidades han logrado un desplazamiento positivo de su frontera tecnológica, han mejorado sus recursos tecnológicos. Con respecto a la mejora o deterioro anual, se observa un deterioro en la frontera tecnológica en el año 2001 con respecto al 2000, que puede explicar el deterioro en el Índice de Malmquist ya señalado para ese año.

Tabla 8: Cambio en la frontera tecnológica de las Entidades Bancarias(1998-2002)

Entidad bancaria	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	CT	Media
	CT	CT	CT	CT		
Banco Bansud S.A.		1,0394	1,5784	1,2119		1,2574
Banco CMF S.A.	1,0828	1,0565	1,2596	1,2699		1,1631
Banco Comafi S.A.	1,1207	0,9039	1,1072	1,3885		1,1171
Banco de Galicia y Bs. As. S.A.	1,0236	1,0611	1,0944	1,9650		1,2363
Banco de la Ed.de Olavarría S.A.	1,1377	0,9906	1,3798			1,1585
Banco de San Juan S.A.	1,0008	0,9932	0,9492	0,8842		0,9557
Banco de Santa Cruz S.A.	0,9312	1,0191	0,9327	1,0698		0,9865
Banco de Santiago del Estero S.A	0,7879	0,9144	1,1350	2,0641		1,1398
Banco de Valores S.A.	1,1353	0,9039	1,0229	1,5623		1,1316
Banco del Sol S.A.	0,9463	1,0151	0,9769	1,4483		1,0797
Banco del Tucumán S.A.	0,8634	0,9475	1,0697	1,2256		1,0177
Banco Finansur S.A.	1,0861	0,8737	1,0520	1,2020		1,0466
Banco Hipotecario S.A.	1,0014	0,9198	1,0775	1,4485		1,0950
Banco Julio Sociedad Anónima	1,1535	0,7908	0,8196	1,9089		1,0930
Banco Macro S.A.	0,9892	0,9851	1,0331	0,9467		0,9881
Banco Piano S.A.	0,9853	0,9519	1,1682	1,3530		1,1034
Banco Privado de Inversiones S.A	1,0379	0,8849	1,0764	1,2413		1,0525
Banco Regional de Cuyo S.A.	0,9627	1,1836	1,0122	0,9368		1,0195
Banco Saenz S.A.	0,9035	0,9309	0,9341	1,5685		1,0536
Banco San Luis S.A.	1,0254	0,9356	1,0361	1,2573		1,0573
Banco San Miguel de Tucumán S.A.	0,7530	1,1284	1,1834			1,0018
MBA Banco de Inversiones S.A.	0,8631	0,7614	1,4042	0,9980		0,9796
Nuevo Banco de La Rioja S. A.	1,9516	0,4421	0,9887	0,6757		0,8713
Nuevo Banco de Santa Fe S. A.	0,7865	0,9895	1,0025	1,1043		0,9634
Nuevo Banco Industrial de Azul S	1,0148	0,9117	1,1158	1,8080		1,1688
Nuevo Banco Suquía S.A.	1,0442	1,0009	1,0706	1,6634		1,1680
Media	1,0057	0,9312	1,0848	1,2952		1,0710
Mejora / deterioro (%)	0,57	-6,88	8,48	29,52		

Referencias: resaltadas las Entidades que cesaron su actividad a partir del 2001. Cambio en la Eficiencia Técnica (CEF). Con negrita Entidades con cambio en la eficiencia técnica inferior al promedio del Sistema.

Con respecto a la continuidad, cabe destacar que de los bancos que cesaron sus actividades a partir del año 2001, en los cuales se centró este análisis, el Banco Macro y el Banco San Miguel de Tucumán S.A., tienen una productividad inferior al promedio del Sistema. Analizando la descomposición del Índice de Malmquist se observa que Banco Macro, Banco San Luis S.A. y Banco San Miguel de Tucumán S.A., presentan cambios en la frontera tecnológica inferiores al promedio del Sistema.

6 - CONCLUSIONES

Tal como se planteó al comienzo, el propósito de este trabajo es emplear el Índice de Malmquist y su descomposición para analizar diferencias en la productividad y en la frontera de eficiencia de las entidades bancarias en Argentina, durante el período 1998-2002 y determinar si existe alguna relación entre la eficiencia, la productividad y la permanencia de las mismas en el mercado.

Del análisis de los resultados expuestos en el apartado anterior, se puede afirmar que *no hay indicios que permitan considerar que las entidades ineficientes o con disminución en su productividad puedan estar expuestas a situaciones de discontinuidad a corto plazo.*

Desde el punto de vista metodológico, se considera que con este trabajo se profundiza el estudio efectuado en el trabajo anterior, al utilizar la metodología del Índice de Malmquist para realizar un análisis temporal de la eficiencia en el período 1998-2002, y analizar la relación entre la performance de las entidades bancarias, los cambios en la productividad y la continuidad en el sistema.

REFERENCIAS

- Banco Central de la República Argentina (2003): *Información de Entidades Financieras- Diciembre 2002*. Publicación oficial.
- Banker R., Charnes A. y Cooper W. (1984): "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in DEA". *Management Science*, vol. 30 (9), pp. 1078-1092.
- Caves, D. W., Christensen, L. R. y Diewert, W. E. (1982): "The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity". *Econometrica* vol. 50 (6), pág. 1393 – 1414.
- Charnes, A., Cooper, W. y Rhodes, E. (1978): "Measuring the Efficiency of Decision Making Units". *European Journal of Operational Research* vol. 2, 429-444.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B. y Roos, P. (1992): "Productivity changes in Swedish Pharmacies 1980-1989: A nonparametric Malmquist approach". *Journal of Productivity Analysis* vol. 3 (3), pág. 85 – 101.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M. y Zhang, Z. (1994): "Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries". *The American Economic Review* vol. 84 (1), pág. 66-83.
- Jenkins. L. (2003): "A multivariate statistical approach to reducing the number of variables in data envelopment analysis". *European Journal of Operational Research* vol. 147, pp.51-61.
- Lovell, C.A.K. (2003): "The decomposition of Malmquist productivity indexes". *Journal of Productivity Analysis*, vol. 20, pág. 437-458.
- Malmquist, S. (1953): "Index Numbers and Indifference Surfaces". *Trabajos en Estadística*, vol. 4, pág. 209-242.
- Mariaca, R. (2003): "Eficiencia de las Empresas Bancarias y su continuidad en el Mercado (Aplicación del Método DEA)". Documento de Trabajo 01/03 Instituto de Investigaciones Socio Económicas IISEC y Universidad de Salamanca.

- Peretto, C. y Pérez Mackeprang, C. (2005-A): "Reducción del número de variables utilizando un método de Estadística Multivariada". *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa* N° 25 –pp. 93-112.
- Peretto, C. y Pérez Mackeprang, C. (2005-C): "Análisis Discriminante de Ratios: Evaluación de eficiencia y ordenación de los Bancos de la República Argentina" *Anales del XVIII Encuentro Nacional de Docentes de Investigación Operativa, Córdoba, Argentina.*
- Peretto, C. y Alberto, C. (2008): "Entidades Bancarias Argentinas: Análisis de eficiencia y continuidad en el mercado" *Anales del XXI Encuentro Nacional de Docentes de Investigación Operativa, Misiones.*
- Pérez Mackeprang, C. y Alberto de Azcona, C. (2001): "Medida de la Eficiencia Técnica Utilizando Programación Matemática - Métodos DEA -Primera Parte". *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa* N° 21 –pp. 44-62
- Pérez Mackeprang C., Alberto C. (2002): "Medida de la Eficiencia Técnica utilizando la Programación Matemática (Métodos DEA) – Segunda Parte –". *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, vol. 22, pp. 17-36.
- Sathye, M. (2002): "Measuring Productivity Changes in Australian Banking: An Application of Malmquist Indices". *Managerial finance*, vol.29, N° 9, pp. 48-59.
- Sherman, H. y Gold, F. (1985): "Bank branch operating efficiency: Evaluation with data envelopment analysis". *Journal of Banking and Finance*, vol. 9 (2), pp. 297-315.
- Tortosa-Ausina, E., Grifell-Tatjé, E., Armero, C. y Conesa, D. (2008): "Sensitivity analysis of efficiency and Malmquist productivity indices: An application to Spanish savings banks". [*European Journal of Operational Research*, vol. 184 \(3\), pág. 1062-1084.](#)
- Yeh, Q. (1996): "The application of data envelopment analysis in conjunction with financial ratios for bank performance evaluation". *Journal of Operational Research Society*, vol. 47, pp. 980-988.
- Zhu, Joe (1998): "Data Envelopment analysis vs. Principal component analysis: An illustrative study of economic performance of Chinese cities". *European Journal of Operational Research*, vol. 111, pp. 50-61.

UNA APLICACION DEL ANALISIS DE LA ENVOLVENTE DE DATOS PARA EVALUAR LA EFICIENCIA DE LA JUSTICIA EN ARGENTINA

CATALINA LUCÍA ALBERTO

MIGUEL ANGEL CURCHOD

NOELIA AZCONA

Palabras claves: Eficiencia, Poderes Judiciales, Provincias Argentinas

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es realizar una evaluación global de la gestión de la administración de justicia ordinaria en la República Argentina. Se propone realizar el análisis en forma general sin particularizar en los diferentes fueros que atiende el servicio de justicia (penal, civil, comercial, laboral, familia y menores, contencioso administrativo y faltas). Tampoco se hace distinción de órganos ni de instancias. La idea central es obtener un panorama integral del sistema que sirva de diagnóstico y de guía para profundizar con estudios posteriores los aspectos mencionados.

Teniendo en cuenta que la aplicación que se presenta tiene como objetivo analizar y evaluar la eficiencia de distintas unidades productivas, se estima pertinente hacer referencia explícita del sentido y alcance de este concepto, como así también, realizar una breve reflexión sobre los métodos utilizados para evaluarla.

Al hablar del rendimiento de una unidad productiva, generalmente, se utilizan indistintamente los conceptos de productividad y eficiencia; sin embargo, si bien existe una estrecha relación entre ellos, no significan exactamente lo mismo. La productividad de un proceso es medida generalmente por el ratio: $[\text{output} / \text{input}]$, es decir, la cantidad de salida (producción) obtenida por unidad de entrada (insumo) empleada en el proceso de producción. Consecuentemente, se interpreta como proceso productivo a la fase de transformación tecnológica de inputs variables en outputs variables. Debe tenerse presente que la productividad de un proceso está determinada por factores variables, como son: la tecnología

empleada, el entorno en el cual se desarrolla el proceso productivo y la eficiencia de dicho proceso. La eficiencia por su parte, es considerada como una medida de comparación entre los inputs utilizados, los outputs obtenidos y los valores ideales de cada uno de ellos. De esta forma, se establecen comparaciones entre las entradas consumidas en el proceso de producción y las cantidades mínimas necesarias; o bien, entre las salidas obtenidas y las máximas alcanzables. Así, se considera lo que en la bibliografía referida al tema se conoce como "eficiencia técnica".

Acordado el concepto de eficiencia, queda ahora, hacer algunas reflexiones sobre la técnica de medición que se utilizará para conocer ese proceso de transformación de entradas en salidas. Los métodos tradicionalmente utilizados son:

✓ Técnicas econométricas, conocidas también como métodos paramétricos, requieren la formalización de la función de producción o frontera que relacione las variables que intervienen en el problema. Así, se estiman los parámetros que determinan el valor de la función definida. Estas técnicas tienen naturaleza estocástica e intentan distinguir el efecto del error aleatorio del efecto de la ineficiencia.

✓ Técnicas de programación matemática, no estocásticas, que calculan una frontera empírica o envoltura convexa a partir de los datos observados utilizando modelos no paramétricos. Estos modelos se conocen con el nombre de *Data Envelopment Analysis* (DEA)

La bibliografía consultada refiere abundantemente a la utilización de técnicas cuantitativas aplicadas a la evaluación de eficiencia en las Cortes de Justicia en países como Estados Unidos, Canadá y países europeos (Edraja Chaparro, F *et al.* 1996; Francisco García J. *et al.* 2007), sin embargo, no es tan frecuente en los países latinoamericanos. En los trabajos consultados se puede observar que la técnica generalmente empleada, en casos similares al que nos ocupa, es DEA, aún cuando también se han encontrado trabajos utilizando modelos paramétricos (Pedraja, F. *et al.* 1995). Asimismo, se ha observado que, independientemente de la técnica utilizada, las entradas (*inputs*) y salidas (*outputs*) definidas no difieren mayormente en los trabajos revistos.

Se hace constar que el texto base de este artículo ha sido presentado en carácter de full paper en el IV Congreso de Matemática Aplicada, Computacional e Industrial (IV MACI). realizado en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, durante el año 2013. En esa oportunidad fue sometido a referato y aceptado por el comité científico del evento.

2. DEA – ANÁLISIS DE LA ENVOLVENTE DE DATOS

Para la aplicación de DEA es esencial que las unidades a analizar (DMUs – *decision making units*), en este caso las unidades de la Administración de Justicia Ordinaria en la República Argentina, sean relativamente homogéneas (Charnes *et al.* 1978), esto significa que realizan tareas similares en condiciones de mercado análogas y busquen similares objetivos.

A partir de esta metodología es posible precisar la frontera tecnológica basada en unidades que, por sus buenos resultados, son consideradas como aquellas que realizan las mejores prácticas productivas en relación a las otras unidades. De esta forma, se establece una frontera de referencia a través de la cual es posible definir medidas de eficiencia. La medida de eficiencia utilizada es una razón entre la suma ponderada de variables de salida (*output*) y una suma de variables de entrada (*input*). Para cada DMU se determina un conjunto de pesos que brinda la mayor eficiencia posible. Para resolver el valor de los pesos que ofrecen la máxima eficiencia de las DMU, se resuelve el siguiente problema de programación lineal fraccionario:

$$\max \frac{\sum_{j=1}^s w_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}}$$
$$\text{sujeto a } \frac{\sum_{j=1}^s w_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \leq 1 \quad k = 1, \dots, n$$
$$v_i, w_j \geq 0 \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, s.$$

donde n es el número de DMUs; m el número de variables *input*; x_{ik} es la cantidad de *input* i usado por la DMU k ; s es el número de variables de *output*; y_{jk} es la cantidad de *output* generada por la DMU k ; v_i es el peso asociado con el *input* i ; w_j es el peso asociado con el *output* j .

El primer modelo DEA denominado CCR (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978) asume retornos constantes a escala. Por el contrario, en el segundo modelo, denominado el modelo BCC (Banker, Charnes y Cooper, 1984), supone rendimientos variables a escala. Con posterioridad a estos dos modelos clásicos, se desarrollaron varias formulaciones de los modelos de DEA.

Desde su utilización original se ha dado un rápido y continuo crecimiento en su empleo, focalizado en la aplicación de DEA para la determinación de eficiencia y productividad en actividades tanto del sector público como privado.

3. SELECCIÓN DE VARIABLES Y DMUs

En los distintos estudios analizados existe un gran consenso en relación a los *inputs* que deben ser considerados en este tipo de análisis. La bibliografía basa sus argumentos en el análisis de la función de producción de las administradoras de justicia, en la misma aparecen como *inputs* relevantes la mano de obra involucrada en el proceso productivo, esto es, los magistrados, funcionarios y empleados, mientras que entre las variables de salida o productos se destacan la cantidad de resoluciones medida a través de la tasa de resolución y la población.

Se definen, para cada provincia, las siguientes variables de entradas o *inputs*:

Magistrados (M): cantidad de jueces, camaristas, vocales y ministros.

Funcionarios (F): cantidad de funcionarios.

Empleados (E): cantidad de empleados.

Las variables de salida, *outputs* o variables dependientes tienen como objetivo mostrar cuantitativamente el producto de las diferentes unidades para así poder construir la función de producción. En este caso definimos dos salidas:

Tasa de Resolución (TR) = definida como el cociente entre la cantidad de causas resueltas y la cantidad de causas ingresadas. En el numerador, se incluyen las causas que fueron resueltas tanto de manera normal y como anormal durante el año que se informa, incluye finalizaciones por sentencia definitiva y por otros modos que ponen fin al proceso (mediaciones, conciliaciones, transacciones, caducidades) y archivos por falta de impulso o de mérito. El denominador por su parte, indica la cantidad de causas principales ingresadas por primera vez en el sistema judicial en el año que se informa.

Población (P): cantidad de habitantes

Las unidades de análisis o DMUs se definen como cada poder judicial provincial y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (C.A.B.A), es decir, los poderes judiciales de las provincias de Buenos Aires, Catamarca, Chaco, Chubut, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, La Pampa, La Rioja, Mendoza, Misiones, Neuquén, Salta, Santa Fe,

Santiago del Estero, Tierra del Fuego, Tucumán y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.⁵

El modelo conceptual cuenta con 3 *inputs* y 2 *output* y 19 DMUs, cumpliéndose la regla general recomendada por Cooper, Seiford y Tone (2004), la cual indica que:

$$n \geq \text{Max} \{(m * s); 3(m + s)\}$$

Los datos corresponden al año 2010 y fueron obtenidos de la publicación Estadísticas de los Poderes Judiciales de las Provincias Argentinas y C.A.B.A. elaborado por la Junta Federal de Cortes y Superiores Tribunales de Justicia de las Provincias Argentinas y Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

Por las características del sistema a analizar, dónde se observan provincias cuyos Poderes Judiciales difieren su tamaño en relación a las variables consideradas, en el presente trabajo se decidió utilizar el modelo con retornos variables -BCC- orientado a las salidas.

Los datos fueron procesados mediante el programa Banxia Frontier Analyst 4. En la tabla 1 se detalla, para cada poder judicial, el índice de eficiencia, la cantidad de veces que cada DMU eficiente resultó referente. Para las unidades ineficientes se identifican las unidades referentes y el valor actual y proyectado de *inputs* y *outputs*, este valor o índice de mejoramiento potencial les permitiría mejorar su desempeño y proyectarse a la frontera eficiente.

5. CONCLUSIONES

Los resultados (Tabla 1) muestran seis poderes judiciales eficientes, correspondientes a las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, Formosa, Santa Fe, Tierra del Fuego y Ciudad Autónoma de Buenos Aires, esta última resultó ser la más referida (para once de las trece ineficientes), luego Tierra del Fuego, mientras que Santa Fe y Formosa son las que menos cantidad de veces resultaron referentes de las unidades ineficientes.

La eficiencia media del sistema alcanza un valor de 85.45%, resultando cinco provincias las más alejadas de este indicador (Mendoza, Corrientes, Misiones, la Rioja y Neuquén). Analizando el caso particular de Mendoza, se observa que se presenta como altamente

⁵ Los poderes judiciales de las provincias de Río Negro, San Luis, San Juan, Jujuy y Santa Cruz se excluyeron del estudio por figurar sin datos para algunas de las variables analizadas (Estadísticas de los Poderes Judiciales de las Provincias Argentinas y C.A.B.A., 2010)

ineficiente con un índice de 52.25% muy inferior al promedio del sistema, al compararla con sus referentes (Buenos Aires, C.A.B.A. y Santa Fe) puede apreciarse que su baja *performance* se origina en una desfavorable relación entre los *outputs* obtenidos e *inputs* disponibles respecto de sus referentes. En el gráfico 1 se muestra esta situación al ser comparada con C.A.B.A. Asimismo, en la tabla 1 se observa que los valores proyectados de salidas (columnas *Target*) indican que, por ejemplo, Mendoza para mejorar su desempeño y proyectarse a la frontera eficiente debería incrementar la tasa de resolución (TR) a 0.76 (su valor actual es 0.35). Un análisis similar podría efectuarse para las restantes provincias ineficientes a partir de los resultados indicados en la tabla.

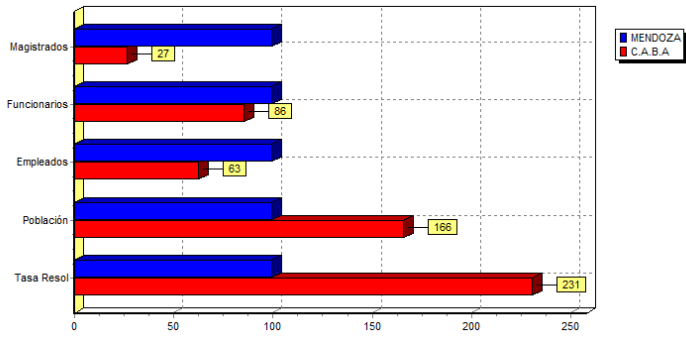
REFERENCIAS

- Banker R., Charnes A., Cooper W.: *Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in DEA*. Management Science, Vol. 30 (9), pp. 1078-1092.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E.: *Measuring efficiency of decision making units*, European Journal of Operational Research 6, Vol 2 (1978), pp. 429 - 444.
- Cooper W., Seiford L. y Tone K.: *Data Envelopment Analysis*. Kluwer Academic Publishers (2000). Massachusetts, USA.
- Estadísticas de los Poderes Judiciales de las Provincias Argentinas y C.A.B.A. Obtenido de <http://www.jufejus.org.ar/assets/files/ACTIVIDADES/Estadisticas/Publicaciones/Indicadores%20provinciales%202010.pdf> el 19-10-2012
- Pedraja f. y Salinas J.: *La Eficiencia en la Administración de Justicia. Las Salas de lo Contencioso de los Tribunales Superiores de Justicia*. Revista de Economía Aplicada Número 8, Vol. III (1995), pp. 163 a 195.
- Edraja-Chaparro Francisco And Salinas Jiménez Javier. *An assessment of the efficiency of Spanish Courts using DEA*. Applied Economics 28 (1996), 28, pp.1391-1403.
- Francisco García José y Castro Rodrigo. *Aplicación del Modelo de Análisis Envolvente de Datos a las Cortes de Apelaciones*. Serie Informe Político 98 (2007), ISSN 0717-1560.

Tabla 1: Índices de Eficiencia

Nº	Provincia	Indice Eficiencia	Actual M	Actual F	Actual E	Actual P	Actual TR	Target M	Target F	Target E	Target P	Target TR	Veces Referida	Referentes
1	BUENOS AIRES	100,00	1206	7820	10567	15625084	0,77	1206	7820	10567	15625084	0,77	9	
2	C.A.B.A	100,00	65	969	1652	2890151	0,81	65	969	1652	2890151	0,81	11	
3	CATAMARCA	82,25	75	256	795	367828	0,72	49	256	440	447185	0,88		1, 2, 18
4	CHACO	82,58	193	797	1381	1055259	0,72	120	694	1014	1277792	0,87		1, 18
5	CHUBUT	84,41	95	473	929	509108	0,74	69	358	565	603102	0,88		1, 18
6	CORDOBA	88,19	541	1304	3775	3308876	0,39	365	1304	2221	3752108	0,73		1, 16
7	CORRIENTES	72,85	121	525	1408	992595	0,62	56	525	896	1362475	0,85		1, 2, 18
8	ENTRE RIOS	100,00	214	189	1028	1236300	0,65	214	189	1028	1236300	0,65	6	
9	FORMOSA	100,00	62	69	677	530162	0,57	62	69	677	530162	0,57	4	
10	LA PAMPA	84,47	121	154	485	318951	0,71	63	154	411	377599	0,84		2, 8, 18
11	LA RIOJA	75,76	70	199	450	333642	0,65	48	199	422	440409	0,86		2, 8, 18
12	MENDOZA	52,25	239	1127	2620	1738929	0,35	239	1127	1938	3328253	0,76		1, 2, 16
13	MISIONES	73,88	142	381	1072	1101593	0,33	142	381	1072	1491109	0,72		2, 8, 9, 18
14	NEUQUEN	77,79	71	495	941	551266	0,68	71	393	620	708671	0,87		1, 2, 18
15	SALTA	80,25	124	409	1164	1214441	0,58	124	409	1072	1513384	0,72		2, 8, 9, 18
16	SANTA FE	100,00	326	998	1829	3194537	0,73	326	998	1829	3194537	0,73	3	
17	SGO. DEL ESTERO	80,43	70	274	969	874006	0,29	70	274	910	1086609	0,63		2, 8, 9
18	TIERRA DEL FUEGO	100,00	33	122	248	127205	0,88	33	122	248	127205	0,88	11	
19	TUCUMAN	88,44	117	769	1299	1448188	0,76	113	769	1168	1637559	0,86		1, 2, 18

Gráfico 1: Comparación de Mendoza con C.A.B.A.



VARIANTES DE LA PROGRAMACIÓN MULTIOBJETIVO

RAÚL ALBERTO ERCOLE

CLAUDIA ETNA CARIGNANO

Palabras clave: variantes – Programación multiobjetivo – aplicación salud

1. INTRODUCCION

Se hace constar que el texto base de este capítulo ha sido presentado en carácter de full paper en el XXXVI Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos realizado en Santa Rosa de La Pampa, Argentina, durante el año 2013. En esa oportunidad fue sometido a referato y aceptado por el comité científico del evento.

Las decisiones forman parte de la realidad económica del mundo en general, y no pueden ser tomadas aisladamente y con la base intuitiva de la "administración por urgencias", sino dentro de un marco estratégico racional que responda a la misión y a los objetivos organizacionales.

Toda organización o todo ente tiene una multiplicidad de objetivos, respondiendo a las necesidades o misiones previamente establecidas. Dichos objetivos, en distintos niveles de jerarquía están también expandidos hacia el futuro y para arribar a ellos debe seguirse una estrategia y una planificación que, además, debe ser continuamente revisada.

Los objetivos pueden jerarquizarse, y de allí la necesidad de encontrar respuestas adecuadas a un modelo de planeamiento que contemple, justamente, variedad de objetivos que de alguna manera se intentan cumplir pero que en reiteradas oportunidades el acrecentamiento de uno o algunos lleva consigo el desmedro de otro u otros.

La programación multiobjetivo constituye un enfoque multicriterio de gran potencialidad cuando el contexto decisorio está definido por una serie de objetivos a optimizar que deben de satisfacer un determinado conjunto de restricciones. Como la optimización simultánea de todos los objetivos es usualmente imposible, pues entre los objetivos que se pretende optimizar suele existir un cierto grado de conflicto, el enfoque multiobjetivo en vez de intentar determinar un óptimo absoluto pretende

establecer el conjunto de soluciones eficientes o satisfactorias en el entorno definido.

Los métodos multiobjetivo (incluyendo la llamada programación por metas) tienen la ventaja de la flexibilidad en el sentido de permitir experimentar al tomador de decisiones variaciones de los modelos o técnicas, de las restricciones y de prioridades. Lo buscado, justamente, es proporcionar una o más soluciones que "satisfagan" los objetivos múltiples razonablemente, dada la imposibilidad de optimizar todos los objetivos.

En la bibliografía específica hay una referencia constante a los vocablos "meta" y "objetivo". Simplemente por razones de conveniencia en la organización del trabajo, se conviene en conceptualizar "meta" como finalidad o propósito que se desea cumplir estrictamente en el planeamiento (restricción "dura") y "objetivo" como finalidad o propósito más general que se desea cumplirlo lo mejor posible en el planeamiento (restricción "blanda").

Efectuada la aclaración, puede intuirse fácilmente que toda Organización tendrá "metas" y "objetivos" que deben ser contemplados en el planeamiento,

El planeamiento contemplará, por supuesto, las descripciones cualitativas (no numéricas) describiendo las acciones y actividades a realizar para el cumplimiento de metas y objetivos propuestos y las descripciones cuantitativas (monetarias y no monetarias) en donde los planes se traducen en números y cálculos.

Es factible encontrar objetivos distintos, combinados, priorizados, con énfasis en la rentabilidad o enfatizados hacia otras cuestiones, según la organización elegida y el entorno temporal y espacial de la misma. A título meramente ejemplificativo y no exhaustivo, un listado de objetivos o metas deseadas puede ser el siguiente:

- Capacidad de pago
- Nivel de endeudamiento adecuado
- Autofinanciación
- Rentabilidad adecuada
- Diversificación de ingresos
- Liderazgo
- Rendimiento aceptable sobre capital invertido
- Posibilidad de distribución de dividendos atractivos
- Crecimiento sostenido
- Nivel programado de calidad
- Precio accesible de productos

- Solvencia asegurada
- Sistema de información relacionado a objetivos
- Imagen positiva de la Organización
- Posición ecológica adecuada
- Nivel tecnológico acorde a futuros objetivos
- Logística adecuada
- Creación de valores intangibles y capacidad intelectual
- Servicio al cliente con nivel de satisfacción pretendido
- Responsabilidad social empresaria acorde

Objetivos más específicos se trasladan a los aspectos centrales de cualquier Organización, como el área financiera, económica, de clientes, de procesos internos o de inserción en la comunidad, de modo tal que imaginando los objetivos clasificados por áreas se podrán buscar indicadores o inductores de actuación pertinentes.

La información relevante para decisiones debe permitir medir el grado de cumplimiento del o de los objetivos (eficacia).

En la otra punta del camino, se encuentran los recursos utilizados para el logro (o la falta de logro) de los objetivos definidos. Los recursos, por cierto, se integran con los costos insumidos y el capital (o activos si se prefiere) empleado. Se plantea, pues, una relación entre objetivos y recursos que, pertinentemente evaluada, permite un análisis de eficiencia.

El objetivo del presente trabajo es presentar distintas variantes o modos de analizar el cumplimiento de múltiples objetivos (eficacia) priorizados con algún criterio de la Organización, intentando destacar la importancia de la utilización de los modelos como herramienta para análisis del plan de negocios.

Los modelos cuantitativos de apoyo a las decisiones son sumamente relevantes en la necesidad de brindar servicios profesionales más completos y especializados y de allí que la propuesta se oriente hacia la aplicación concreta de estas metodologías.

2. GENERALIDADES DE PROGRAMACIÓN MULTIOBJETIVO

Para el caso concreto de objetivos múltiples, a veces encontrados entre sí, existen varias técnicas o procedimientos.

Algunos de ellos están referidos a optimizar los desvíos (en todo caso porcentuales si los objetivos tienen diferente unidad de medida) ponderados por su importancia relativa respecto a "metas" concretas que se plantearon en la Organización o respecto a los óptimos individuales de los objetivos si esa medición es factible.

Otro tipo de procedimiento pretende definir un objetivo único (colocando los demás como restricciones "duras" en un nivel mínimo), o definir un intercambio entre los distintos objetivos (supone también objetivos "duros" y unidad de medida común entre los objetivos, por ejemplo valores monetarios) o establecer prioridades entre los objetivos (optimizando en pasos, indicando el orden en que deben satisfacerse los objetivos, en donde el primero que se optimiza es el prioritario y los demás se subordinan a la solución anterior).

Otro tipo de técnicas pueden orientarse a establecer el óptimo porcentual posible del grado de cumplimiento conjunto de los objetivos, lo que también puede ser ponderado según la importancia de los mismos para la organización.

En realidad es factible pensar una serie de soluciones técnicamente aceptables que respondan al concepto general de ser "satisfactoria" para el conjunto de objetivos priorizados. El trabajo presenta algunas de las mismas, enfocadas como se expresó hacia la medición de la eficacia en el cumplimiento de objetivos, no pretendiendo de modo alguno manifestar que son todas las soluciones factibles ni menos aún pretender agotar el tema.

Cuando el pensamiento se adentra hacia soluciones concretas de un caso particular aparecen las dificultades, las distintas opiniones o los distintos caminos a recorrer para arribar a una solución satisfactoria, sobre todo teniendo en cuenta que hay objetivos a maximizar y a minimizar, lo que complica el análisis.

Por ello se presentará un caso particular y se ofrecerán las variantes de solución, intentando generalizar las mismas para su utilización en otras situaciones.

3. UN EJEMPLO DECISORIO

Una institución sanatorial tiene, entre sus servicios, la utilización de las salas de cirugía. La Administración ha efectuado un análisis del servicio y ha logrado reunir una serie de datos que pueden resumirse del modo siguiente:

a) la máxima cantidad de horas programadas del servicio en un período es de 250 (disponibilidad máxima), considerando que se liberan horas adicionales a ese tope para las urgencias.

b) el servicio (horas de cirugía) es utilizado por 3 tipos de profesionales:

- profesionales socios de la institución (HS)
- profesionales asociados al servicio mediante convenio de continuidad (HA)

4. LAS DISTINTAS SOLUCIONES

Los problemas de toma de decisión se centran en el proceso de encontrar la mejor alternativa entre varias factibles. Dichas alternativas, en el caso de programación multiobjetivo, son las distintas soluciones satisfactorias que podrá encarar el decisor y se simbolizan como el conjunto A de "m" variantes de decisión:

$$A = \begin{bmatrix} A1 \\ A2 \\ \dots\dots\dots(1) \\ Am \end{bmatrix}$$

Dichas soluciones serán elegidas luego de analizada la información del proceso decisorio y tenido en cuenta las variables endógenas y exógenas que hacen a la situación. De hecho, para la elección se operará con un modelo que respete los objetivos organizacionales.

Las soluciones factibles presentadas en el trabajo responden a las siguientes variantes globales, las que a su vez tienen subvariantes o alternativas:

- A1 - Porcentajes de objetivos logrados
- A2 - Porcentajes de desvíos en objetivos
- A3 - Porcentajes de desvíos en metas fijadas

En todos los casos debe operarse con porcentajes, dada lo disímil de las unidades de medida en los objetivos propuestos, no sólo de este caso en particular, sino prácticamente de toda situación que se pretenda analizar en cualquier organización.

Además de porcentual, los cálculos deben ser ponderados en su importancia y ello está en un todo acorde a los objetivos organizacionales del corto o largo plazo. Por lo tanto, la Organización decide sus prioridades.

La ponderación es totalmente arbitraria, a juicio de la Organización y el resultado final sólo indica la mejor solución para la ponderación elegida que, por cierto, puede deducirse de la opinión de los decisores en forma directa o con la aplicación de una metodología multicriterio.⁶

⁶ Un método ampliamente utilizado para ayudar al decisor en la fijación de pesos o ponderaciones es AHP (Analytic Hierarchial Process) desarrollado por Thomas Saaty (1980). Se destaca por su alto grado de difusión, principalmente en Estados Unidos. Es uno de los primeros métodos que surgió en el ambiente de las decisiones multicriterio y es hoy, tal vez, el más utilizado. Existe, además, un software específico para aplicación del método: "Expert Choice"

Obvio es concluir que al cambiar la ponderación se producirá generalmente un resultado distinto, pero el mismo no será mejor ni peor que el anterior, simplemente porque no son comparables dado que provienen de distintas ponderaciones (distintos objetivos globales organizacionales).

También debe aclararse que la ponderación es facultad absoluta del decisor y es relativa entre los objetivos. Siempre debe ponderarse cada objetivo sobre su importancia con relación a los otros.

4.1 - (A1) - Porcentajes de objetivos logrados

La presente variante supone el siguiente desarrollo:

VARIABLES DE DECISION

- Horas de cada servicio: HS, HA, HE

RESTRICCIONES

- Horas de cada servicio mayor o igual a mínimas establecidas
- Horas de cada servicio menor o igual a máximas establecidas
- Horas totales de servicio menor o igual a máximas factibles
- Variables no negativas

OBJETIVO

- En primer lugar se calculan los óptimos y los antióptimos (peores) individuales de cada objetivo, maximizando el rendimiento y la preferencia y minimizando el riesgo.

Para lograr esto se optimiza cada objetivo por separado y se determina el valor de los otros objetivos en cada solución; a continuación se identifica para cada uno de ellos cuál el mejor y el peor valor que pueden asumir.-

Los valores correspondientes se expresan en Tabla 3

Tabla 3 - Óptimos y antióptimos

CONCEPTO	RENDIMIENTO	PREFERENCIA	RIESGO
Optimo	31.600	435	15,45
Peor	14.000	196,50	35,50

- Se establece el óptimo porcentual de cada objetivo en 100%

- Se establece el óptimo porcentual ponderado de cada objetivo multiplicando el valor anterior (100%) por las ponderaciones relativas de cada objetivo, a saber:

- RENDIMIENTO	2 / 4,5 = 0,4444
- PREFERENCIA	1,5 / 4,5 = 0,3333
- RIESGO	1 / 4,5 = 0,2222

es decir cada ponderación dividida la suma de las mismas, con lo que los objetivos porcentuales óptimos quedan en 44,44%, 33,33% y 22,22%, respectivamente.

- Para cada objetivo se obtiene el porcentaje logrado. Para ello, en el caso de maximización se calcula:

$$\% = \frac{\text{Logrado} - \text{Peor}}{\text{Optimo} - \text{Peor}} \dots\dots\dots(2)$$

y en caso de minimización:

$$\% = 1 - \frac{\text{Logrado} - \text{Optimo}}{\text{Peor} - \text{Optimo}} \dots\dots\dots(3)$$

Ambos porcentajes se ponderan de igual forma que los óptimos.

- El único objetivo final queda establecido como la MAXIMIZACIÓN de la suma de porcentajes logrados y ponderados en cada objetivo.

- Se obtiene como solución 140 HS, 50 HA y 60 HE con 30.800 de rendimiento, 415 de preferencia y 33,50 de riesgo lo que representa un porcentaje logrado (ponderado) de:

- RENDIMIENTO	42,42 %
- PREFERENCIA	30,54 %
- RIESGO	2,22 %
- TOTAL	75,18%

4.2 - (A2) - Porcentajes de desvíos en objetivos

La presente variante contempla algunas alternativas:

4.2.1 - (A2 a) - Distancia euclídea con desvíos / máximo desvío

El desarrollo es el siguiente:

VARIABLES DE DECISION

- Idem anterior A1

RESTRICCIONES

- Idem anterior A1

OBJETIVO

- Idem anterior A1 en cuanto a los óptimos porcentuales ponderados y a los porcentajes logrados ponderados.

- El único objetivo final queda establecido como la MINIMIZACION de la distancia euclídea entre el punto "logrado" y el punto "óptimo". Para ello se usa la métrica euclideana calculando la raíz de la suma de los desvíos al cuadrado entre el logrado ponderado y el óptimo ponderado para cada objetivo.

$$Distancia = \sqrt{\sum (Lpp - Opp)^2} \dots\dots\dots(4)$$

Siendo Lpp = logrado porcentual ponderado y Opp = óptimo porcentual ponderado, efectuando la suma para todos los objetivos.

- Cabe aquí aclarar que de manera general la métrica euclideana entre dos puntos se define como la longitud del segmento de recta que une a dichos puntos. En este caso se considera absolutamente aplicable, pues se refiere a la distancia entre dos puntos de un espacio de "n" dimensiones ("n" objetivos, 3 en este ejemplo).⁷

- Dada la fórmula final del objetivo, esta programación es NO LINEAL y se obtiene como solución 140 HS, 65,11 HA y 37,45 HE con 28.554,95 de rendimiento, 415,12 de preferencia y 31,26 de riesgo lo que representa una distancia al óptimo conjunto de 19,33%.

- Cabe acotar que igual solución se obtendría efectuando el cálculo de desvíos porcentuales ponderados respecto a un nuevo óptimo definido como el cero por ciento de desvíos.

4.2.2 - (A2 b) - Distancia euclídea con desvíos / óptimo

Esta variante es absolutamente similar a la planteada como alternativa de la variante A2 - a).

⁷ La métrica euclidiana pese a ser la más simple de las distancias a determinar y calcular por su relación con otros resultados bien conocidos de las matemáticas; presenta evidentes inconvenientes de aplicación fuera de espacios donde la línea recta sea la menor distancia que conecta a dos puntos.

Un ejemplo más que evidente es nuestra propia Tierra. La forma esférica de la misma y la incapacidad de viajar en línea recta porque habría que hacerlo por debajo del suelo, impiden el uso de este tipo de distancia sobre el planeta. Para ello existen otras métricas como la esférica e incluso, otras más abstractas para casos más complejos.

En el particular de una esfera, la distancia más corta entre dos puntos es el arco que los une.

- No hay diferencias entre las variables de decisión y las restricciones.

- Se calculan los desvíos en relación al óptimo; para el caso de minimización el desvío se calcula como logrado menos óptimo y viceversa en el caso de maximización.

- El desvío porcentual se calcula como desvío / óptimo, tanto para maximización como minimización y se lo pondera por los pesos relativos.

- Dado que el óptimo es el cero % de desvíos, los mismos constituyen la diferencia con el óptimo.

- Se toma el único objetivo a minimizar como:

$$Dis\ tan\ cia = \sqrt{\sum Dpp^2} \dots\dots\dots(5)$$

siendo Dpp el desvío porcentual ponderado de cada objetivo.

- Se obtiene como solución 140 HS, 42,17 HA y 20 HE con 22.660,06 de rendimiento, 363,25 de preferencia y 24,33 de riesgo lo que representa un desvío total del 18,74%.

4.2.3 - (A2 c) - Suma de desvíos porcentuales a máximo desvío

El desarrollo es el siguiente:

VARIABLES DE DECISION

- Idem anterior A1

RESTRICCIONES

- Idem anterior A1

OBJETIVO

- En primer lugar se calculan los óptimos y los antióptimos (peores) individuales de cada objetivo, maximizando el rendimiento y la preferencia y minimizando el riesgo. El máximo desvío de cada objetivo es la diferencia entre óptimo y peor (maximización) o entre peor y óptimo (minimización)

- A continuación se calcula el desvío porcentual ponderado respecto al máximo desvío en cada uno de los objetivos.

- Fórmula de cálculo: para maximización:

$$Dp = \frac{O - L}{Md} * w \dots\dots\dots(6)$$

Siendo "Dp" el desvío ponderado, "O" el óptimo, "L" el logrado, "Md" el máximo desvío y "w" la ponderación relativa del objetivo. Para minimización:

$$Dp = \frac{L - O}{Md} * w \dots\dots\dots(7)$$

- El único objetivo final queda establecido como la MINIMIZACION de la suma de los desvíos porcentuales ponderados de los objetivos.

- Como se puede observar, esta solución es la contracara de la presentada como A1. Allí se obtenía el porcentaje logrado de objetivos (75,18%) y en la presente solución el desvío pertinente (24,82%) por lo que los números finales (solución y objetivos) son iguales a los obtenidos en A1.

4.2.4 - (A2 d) - Suma de desvíos porcentuales a óptimo

- La presente solución es absolutamente similar a la anterior A2 - c) con la diferencia que opera diferente en el cálculo del desvío ponderado. En efecto, en lugar de calcular el mismo en referencia al máximo desvío, lo calcula en referencia al óptimo, tanto en maximización como en minimización.

- La fórmula de cálculo es, entonces:

$$Dp = \frac{O - L}{O} * w \dots\dots\dots(8)$$

para maximización y

$$Dp = \frac{L - O}{O} * w \dots\dots\dots(9)$$

para minimización.

- Al igual que en el caso anterior, el único objetivo final es la suma de los desvíos porcentuales ponderados.

- Se obtiene como solución 140 HS, 90 HA y 20 HE con 28.400 de rendimiento, 435 de preferencia y 31,50 de riesgo lo que representa un desvío total del 27,59%.

4.2.5 - (A2 e) - Desvíos porcentuales / máximo desvío con variable Q

Esta variante opera de igual forma que la nominada como A2 - c) (desvíos porcentuales respecto a máximo desvío, ponderados) pero introduce una nueva variable denominada "Q" o minimax.

- No hay diferencias en lo que respecta a variables de decisión básicas y restricciones básicas.

- La variable Q se establece como otra variable de decisión (adicional) y al mismo tiempo como objetivo a minimizar.

- Se establece una nueva restricción para cada desvío porcentual ponderado:

$$D_{pp} \leq Q \dots\dots\dots(10)$$

lo que asemeja todos los desvíos entre sí (no permite grandes desvíos en un objetivo y pequeño en otro/s).

- Se obtiene como solución 140 HS, 35 HA y 43,81 HE con 26.086,27 de rendimiento, 376,31 de preferencia y 28,01 de riesgo lo que representa un desvío total del 13,92% no desviándose ningún objetivo de este tope.

4.2.6 - (A2 f) - Desvíos porcentuales / óptimo con variable Q

La presente variante es absolutamente igual a la anterior con la diferencia que los desvíos porcentuales se obtienen en relación a cada uno de los óptimos en lugar del máximo desvío.

- No hay diferencias en lo que respecta a variables de decisión básicas y restricciones básicas.

- La variable Q se establece como otra variable de decisión (adicional) y al mismo tiempo como objetivo a minimizar.

- Se establece una nueva restricción para cada desvío porcentual ponderado:

$$D_{pp} \leq Q \dots\dots\dots(11)$$

lo que asemeja todos los desvíos entre sí (no permite grandes desvíos en un objetivo y pequeño en otro/s).

- Se obtiene como solución 140 HS, 35 HA y 24,74 HE con 22.653,49 de rendimiento, 357,24 de preferencia y 24,20 de riesgo lo que representa un desvío total del 12,58% no desviándose ningún objetivo de este tope.

4.3 - (a3) - porcentajes de desvíos en metas fijadas

De acuerdo a lo ya expresado, debe entenderse por "meta" en el presente trabajo como finalidad o propósito que se desea cumplir estrictamente en el planeamiento (restricción "dura").

4.3.1 - (A3 a) - El óptimo de cada objetivo es la meta

Esta variante fija o establece como meta el óptimo de cada objetivo. Si bien la solución final a la que se arrije con la programación por metas puede ser absolutamente similar a la lograda en la programación por

objetivos, el modelo difiere en su diseño y se establece del modo siguiente:

VARIABLES DE DECISION

- Horas de cada servicio: HS, HA, HE
- Subdesvíos y sobredesvíos de cada objetivo entre lo logrado y el óptimo.

RESTRICCIONES

- Horas de cada servicio mayor o igual a mínimas establecidas
- Horas de cada servicio menor o igual a máximas establecidas
- Horas totales de servicio menor o igual a máximas factibles
- Variables no negativas
- Objetivo logrado + subdesvío - sobredesvío = meta (óptimo) para cada objetivo

OBJETIVO

- En primer lugar se calculan los subdesvíos y sobredesvíos porcentuales respecto a la meta (óptimo) en cada objetivo.
- A continuación se calcula los subdesvíos y sobredesvíos porcentuales ponderados; para mantener igual ponderación que en las alternativas anteriores, los pesos se establecen del modo siguiente (Tabla 4)

Tabla 4 - Ponderaciones

PONDERACIONES DESEADAS (ABSOLUTAS)

	RENDIMIENTO	PREFERENCIA	RIESGO
Subdesvíos	2	1,5	0
Sobredesvíos	0	0	1

PONDERACIONES DESEADAS (RELATIVAS)

	RENDIMIENTO	PREFERENCIA	RIESGO
Subdesvíos	0,444444444	0,333333333	0
Sobredesvíos	0	0	0,222222222

El único objetivo final es la minimización de la suma de los sub y sobredesvíos porcentuales ponderados de todos los objetivos.

- - Se obtiene como solución los mismos valores de la alternativa A2 - d) referida a la suma de desvíos porcentuales a óptimo.

4.3.2 - (A3 b) - Metas preestablecidas

La presenta variante contempla el caso de metas previamente establecidas por la organización, por supuesto sin lograr el óptimo. Puede ser un número determinado como meta, o una proporción del óptimo la que establezca como meta "dura".

- El modelo, salvo la diferencia en las metas, es absolutamente igual al planteado en la variante anterior A3 - a).

- Para el ejemplo planteado, se supone que la organización establece como meta el cumplimiento de un 75% del óptimo del objetivo.

- Consecuentemente, para maximización, la meta es:

RENDIMIENTO: $31.600 \times 0,75 = 23.700$

PREFERENCIA $435 \times 0,75 = 326,25$

- Para calcular la meta en minimización se establece la relación:

$$\frac{X - Opt}{Peor - Opt} = 1 - 0,75 \dots\dots\dots(12)$$

despejando "X"

$$X = 0,25 * (Peor - Opt) + Opt \dots\dots\dots(13)$$

que, en el caso del ejemplo, es:

$$X = 0,25 \times (35,50 - 15,45) + 15,45 = 20,4625$$

que representa en este caso un 132,44% del óptimo en riesgo.⁸

⁸ Otra forma de establecer el porcentaje de meta en el caso de minimización sería $1/0,75 = 133,33 \%$, o sea 20,60 de índice de riesgo.

- Se obtiene como solución 140 HS, 35 HA y 30,56 HE con 23.700 de rendimiento, 363,06 de preferencia y 25,36 de riesgo lo que representa un desvío total del 5,32%.

5. LAS VARIANTES Y LA DECISION

La programación multiobjetivo es un método de apoyo a las decisiones. Como tal, analiza el problema planteado, lo modela (puede ser en diferentes alternativas, como se observó en el trabajo) y brinda información relevante para la toma de decisiones.

Consecuentemente, las distintas variantes analizadas permiten una decisión más pensada y racional. Finalmente será la organización quien, de acuerdo a todos los elementos incluidos en el proceso de decisión, algunos cuantitativos como los aquí explicitados, y otros de índole cualitativo, decidirá acerca de la cuestión a resolver.

Simplemente a título ilustrativo, es factible un análisis preliminar con el resumen de las variantes planteadas que se transcribe en las tablas siguientes (Tablas 5 y 6):

Tabla 5 - Resumen de variantes (soluciones)

VARIANTE	HS	HA	HE
A1	140	50	60
A2 - a)	140	65,1088486	37,454934
A2 - b)	140	42,1671645	20
A2 - c)	140	50	60
A2 - d)	140	90	20
A2 - e)	140	35	43,812628
A2 - f)	140	35	24,741626
A3 - a)	140	90	20
A3 - b)	140	35	30,5555556

Tabla 6 - Resumen de variantes (objetivos)

VARIANTE	RENDIM	PREFER	RIESGO
A1	30800,00	415,00	33,50
A2 - a)	28554,95	415,12	31,26
A2 - b)	22660,06	363,25	24,33
A2 - c)	30800,00	415,00	33,50
A2 - d)	28400,00	435,00	31,50
A2 - e)	26086,27	376,31	28,01
A2 - f)	22653,49	357,24	24,20
A3 - a)	28400,00	435,00	31,50
A3 - b)	23700,00	363,06	25,36

De lo expuesto se deduce que no hay una única solución que garantice un óptimo conjunto, sino que el decisor debería seleccionar una decisión entre los parámetros determinados. Como se observa en el cuadro, la decisión factible, para el caso planteado, se circunscribe a: 140 horas para el Servicio Socios, de 35 a 90 horas para el Servicio Asociados y de 20 a 60 horas para el Servicio Externos.

Ninguna de las soluciones alcanza, como ya se expresó, el óptimo conjunto.

6. CONCLUSIÓN

El objetivo del trabajo fue exponer distintas variantes o metodologías para el planeamiento con múltiples objetivos, lo que permite su adecuación a diferentes estrategias organizacionales. Las decisiones de entes y empresas tienden a una complejidad creciente y la aplicación de métodos cuantitativos de gestión es claramente un decidido apoyo al proceso.

El caso presentado es una realidad simplificada de cualquier organización que a diario se encuentra con problemas de decisión multiobjetivo.

El trabajo, finalmente, apunta hacia una mejor calidad de asesoramiento en los servicios profesionales que, claramente, son cada vez más abarcativos y especializados.

REFERENCIAS

- Alberto, Catalina - Carignano, Claudia - "*apoyo cuantitativo a las decisiones*" – Segunda Edición - Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas - UNC – Córdoba, 2007 – ISBN 978-987-23497-5-2
- Ercole, Raúl - Alberto, Catalina - Carignano, Claudia - "*Métodos cuantitativos para la gestión*" - Segunda Edición - Asociación Cooperadora de la FCE - UNC - Córdoba, 2007 - ISBN 978-987-1436-01-9
- Anderson, David - Sweeney, Dennis - Williams, Thomas - "*Métodos cuantitativos para los negocios*" - 9e - Internacional Thomson Editores - México, 2004 - ISBN 970-686-372-9
- Bierman, Harold - Bonini, Charles - Hausman, Warren - "*Análisis cuantitativo para los negocios*". - Novena Edición - Irwin - mcgraw Hill. Bogotá, 2000 - ISBN 0-256-14021-9
- Ragsdale, Cliff T. "*Spreadsheet modeling and decision analysis*" - 3rd. Edition - South Western College Publishing. Cincinnati - Ohio (USA), 2001 - ISBN 0-324-02122
- Powell, Stephen G - Baker, Kenneth R - "*Management science - the art of modeling with spreadsheets*" - Second Edition - John Wiley & sons - USA, 2007 - ISBN 978-0-470-03840-6

COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE AGREGACIÓN Y PONDERACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR DEL DESARROLLO HUMANO DE PAÍSES LATINOAMERICANOS

MARIANA FUNES
JOSEFINA RACAGNI
HERNAN GUEVEL

Palabras clave: Índice de Desarrollo Humano (IDH), Métodos de Agregación, Métodos de Ponderación, Pérdida de Información.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de las últimas décadas, ha crecido en la comunidad científica la preocupación por avanzar en la mejora de los procedimientos para la construcción de Indicadores Compuestos (ICs), también llamados Complejos o Sintéticos, quizá en virtud de su amplia difusión como herramienta para la toma de decisiones, evaluación de políticas y comunicación de información, tanto en el sector público, como en el privado.

Estos instrumentos son el resultado de un proceso de agregación de sub-indicadores representativos de los atributos que caracterizan el aspecto que se desea estudiar y tienen la capacidad de resumir en una única medida el desempeño de un conjunto de unidades de características homogéneas, facilitando de este modo el estudio de fenómenos de naturaleza multidimensional.

La construcción de un Indicador Compuesto supone la adopción, por parte del analista, de una serie de decisiones de carácter subjetivo, que influirán en mayor o menor medida sobre los resultados y la utilidad del IC obtenido.

Una de estas decisiones está referida al método que se utilice para agregar en una medida singular los distintos subindicadores que se han seleccionado como ejes de análisis. La Teoría de la Decisión Multicriterio ha aportado una gran variedad de métodos que responden a las características de los datos, al número de alternativas bajo análisis, a la

forma en la que se extrae u obtiene la información sobre las preferencias del evaluador, al número de evaluadores involucrados, etc.

Otro aspecto que, en general, debe tenerse en cuenta previo al proceso de agregación, es el de fijar las ponderaciones que se asignarán a las variables o sub-indicadores con la finalidad de considerar las diferencias en la importancia relativa para cada uno de ellos. Aunque se discute si el rol de los pesos en algunos métodos de agregación es el de reflejar importancias relativas (Munda and Nardo, 2005), en el presente trabajo no abordaremos esta cuestión.

Como los sub-indicadores a utilizar frecuentemente están medidos en diferentes unidades y/o escalas, resulta necesario (o al menos conveniente) en muchos casos, efectuar previamente un proceso de normalización, con lo que los sub-indicadores normalizados pasan a ser valores relativos (sin unidad de medida), generalmente incluidos en el intervalo [0, 1]. Con respecto a los diferentes métodos, se puede consultar, por ejemplo, Barba-Romero y Pomerol (1997) y Nardo et. al (2005), mientras que la OCDE ha publicado en el año 2008 su "Handbook on Constructing Composite Indicators", que ofrece un relevamiento metodológico, de todo el proceso de construcción de este tipo de Índices. Tanto en esta publicación, como en numerosos artículos, podemos observar que la Teoría de Apoyo a la Decisión Multicriterio (MCDA) provee herramientas sumamente útiles a estos fines.

En virtud de las diferentes alternativas de construcción de Indicadores Compuestos, surge la necesidad de establecer un procedimiento que permita compararlos de manera de determinar si alguno de ellos resulta más apropiado en virtud de la temática a tratar y los datos considerados. Al respecto, algunos autores han sugerido criterios a tener en cuenta al momento de seleccionar un método apropiado, tales como, el análisis de los fundamentos teóricos, la comprensibilidad, la facilidad de uso y la validez. Por su parte, Zhou et al. (2006) introdujeron un novedoso criterio asociado al concepto de "pérdida de información" y desarrollaron una medida objetiva que permite cuantificar la pérdida de información que se produce al pasar de los datos contenidos en los subindicadores Individuales, al IC construido, a la que denominaron "Medida de Shannon – Spearman" (SSM).

Un ejemplo de indicador compuesto, que ha atraído la atención de amplios sectores de la comunidad científica, lo constituye el Índice de Desarrollo Humano (IDH), elaborado y publicado anualmente por el PNUD desde el año 1990, desarrollado con la intención de reflejar la naturaleza multidimensional del desarrollo humano, a partir de reconocer que los indicadores económicos puros no resultan adecuados para

reflejar apropiadamente este tipo de fenómeno⁹. Este Índice se calcula como el promedio ponderado de tres atributos socioeconómicos:

1. Longevidad: reflejada por la Esperanza de Vida al nacer.
2. Estándar de vida: basado en el Producto Bruto Interno per capita medido en Dólares de Paridad de Poder Adquisitivo.
3. Logros educativos: calculado como un promedio ponderado de otros dos indicadores: i) tasa de alfabetización de adultos; ii) tasa bruta combinada de matriculación primaria, secundaria y terciaria.

El PNUD ha optado por asignar el mismo peso a los indicadores relacionados con cada atributo, y para elaborar el indicador representativo del atributo de Logros Educativos ha optado por asignar una ponderación de 2/3 a la tasa de alfabetización de adultos y 1/3 a la tasa bruta de matriculación.

Frente a las numerosas críticas que ha recibido este criterio de asignación de ponderaciones, por la fuerte carga de subjetividad que se le atribuye, se han propuesto otras metodologías para la asignación de los pesos, al tiempo que se han sugerido, también, la utilización de otros métodos de agregación de los subindicadores.

Tomando en cuenta las críticas mencionadas en el párrafo anterior, en el presente trabajo empleamos distintos métodos de agregación y ponderación para construir índices alternativos al IDH y comparamos los mismos utilizando la medida de Shannon-Spearman propuesta por los autores citados, con algunas modificaciones que discutiremos en la sección 4.

Dado que se desconocen las propiedades estadísticas de esta medida de pérdida de información, estimaremos intervalos de confianza para la misma, en base al estudio de muestras artificiales generadas mediante la técnica bootstrap.

Se hace constar que el texto base de este capítulo ha sido presentado en carácter de full paper en el congreso de la Escuela de Perfeccionamiento de Investigación Operativa (EPIO), realizado durante el año 2013 en la Córdoba. En esa oportunidad fue sometido a referato y aceptado por la comisión científica del evento.

La organización del trabajo se detalla a continuación. En la sección 2 se presenta la notación empleada. En la sección 3 se describe la metodología utilizada por el IDH y las metodologías alternativas de agregación y ponderación propuestas. En la sección 4 se desarrolla el concepto de medida de Shannon - Spearman y las modificaciones con

⁹ Los enfoques clásicos de medición del desarrollo analizaban este aspecto a través de la observación del Producto Bruto Nacional o algún indicador similar como única medida.

las que hemos trabajado. En las secciones 5 y 6 se presentan, respectivamente, los resultados y las conclusiones.

2. NOTACIÓN

Antes de avanzar en el desarrollo del tema consideramos oportuno establecer la terminología y notación utilizada.

Sea \mathbf{S} el conjunto de países a estudiar. Simbolizaremos con a_i ($i = 1, 2, \dots, m$) a los elementos de este conjunto. Consideraremos que el desempeño de cada país depende de un conjunto \mathbf{J} de n atributos, cada uno de los cuales está representado por un subindicador, o índice parcial o variable, a los que representaremos por I_j , de tal manera que a_{ij} representará el desempeño del país i respecto del subindicador j , para $i: 1, 2, \dots, m$ y $j: 1, 2, \dots, n$.

El conjunto de datos será representado por la matriz $\mathbf{A} = [a_{ij}]$. Cada vector fila de la matriz representará un país $a_i = [a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}]$ y cada vector columna, un subindicador $I_j = [a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{mj}]$.

Se determinarán k Indicadores Compuestos IC_i^k , combinando diferentes métodos de agregación y de cálculo de ponderaciones. Estos Indicadores medirán el desempeño de cada unidad a_i , como una función de los correspondientes subindicadores. Es decir, $IC_i^k = f_j(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}); \forall k$.

El proceso de agregación de los subindicadores requiere la normalización de las evaluaciones, denotando con x_{ij} los valores normalizados de las evaluaciones del país a_i respecto del subindicador I_j y la matriz $\mathbf{X} = [x_{ij}]$ será la matriz de los valores normalizados.

Dado que construiremos distintos IC en base a diferentes combinaciones de métodos de ponderación y agregación, tendremos una matriz $\mathbf{IC} = [IC_i^k]$ que contendrá a los diferentes Índices calculados para cada a_i .

Finalmente, simbolizaremos con w_j a los pesos empleados para agregar los indicadores.

3. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LOS INDICADORES COMPUESTOS

3.1. Índice de Desarrollo Humano

El método de agregación empleado en el cálculo del IDH es el de Suma Ponderada, de manera que el Indicador compuesto se obtiene por aplicación de la fórmula:

$$IC_i = \sum_{j=1}^n w_j x_{ij} \quad (1)$$

Como se mencionara, el PNUD asigna el mismo peso a los indicadores relacionados con cada atributo, y en el atributo de Logros Educativos pondera con 2/3 a la tasa de alfabetización de adultos y 1/3 a la tasa bruta de matriculación.

Previo a la agregación, los indicadores se normalizan aplicando la fórmula:

$$x_{ij} = \frac{a_{ij} - a_{ij}^-}{a_{ij}^+ - a_{ij}^-} \quad (2)$$

donde a_{ij}^- y a_{ij}^+ representan el menor y el mayor valor, respectivamente, del intervalo de variación del Indicador I_j correspondiente. Para la determinación de estos valores se pueden seguir dos caminos:

a) Seleccionar el menor y el mayor valor observado para cada indicador entre los países a los cuales se desea calcular el Indicador Compuesto, es decir, a_{ij}^- y a_{ij}^+ serán los valores mínimo y máximo del vector $[a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{mj}]$ asociado a cada subindicador I_j , en cuyo caso los IC calculados deberían ser considerados “índices relativos” al conjunto de los países bajo análisis.

b) Elegir mínimos y máximos “teóricos” (fijados teniendo en cuenta lo que se podría considerar mínimos y máximos razonables para cada uno de ellos).

El PNUD aplica este último procedimiento, empleando i) para la Esperanza de vida al nacer en años: $a_{ij}^- = 25$ y $a_{ij}^+ = 85$; ii) para el Producto Bruto Interno per cápita en Dólares de Paridad de Poder Adquisitivo (PBIpcU\$DPPA): $a_{ij}^- = 100$ y $a_{ij}^+ = 40.000$; iii) para las tasas de alfabetización y de matriculación (justamente por tratarse de tasas) los valores mínimo y máximo serían, respectivamente, 0 y 100 (si los expresamos en porcentaje) ó 0 y 1 (si lo expresamos como tanto por uno).

Cabe mencionar que el indicador PBIpcU\$DPPA, previo a la normalización, se somete a una transformación no lineal tomando su logaritmo¹⁰, con lo que se intenta introducir la propiedad generalmente

¹⁰ Aunque para reflejar esta característica es posible utilizar cualquier logaritmo del PBI con base mayor a uno, en el presente trabajo hemos optado por utilizar el logaritmo natural del indicador.

aceptada de que la utilidad del ingreso tiene rendimientos decrecientes. En años anteriores se utilizaron otras transformaciones con el mismo objetivo, como por ejemplo, la fórmula propuesta por Atkinson (1970).

3.2. Metodologías alternativas

3.2.1. Topsis

El método TOPSIS (**T**echnique for **O**rder by **S**imilarity to **I**deal **S**olution)¹¹, basándose en el axioma de elección de Zéleny, (Zeleny, 1982) que es posible enunciar como: “es racional elegir una alternativa lo más próxima a la ideal o lo más alejada de la anti-ideal”¹², construye un índice de similaridad a la alternativa ideal, combinando la proximidad a la alternativa ideal y la lejanía a la alternativa anti-ideal (según la métrica utilizada) que permite establecer una ordenación del conjunto de alternativas sujeto a evaluación, aplicando los siguientes pasos:

1. Determinada una matriz con las medidas del desempeño de cada alternativa “i” con respecto a cada indicador “j” ($\mathbf{A} = [a_{i,j}]$), normalizar las evaluaciones $a_{i,j}$ y obtener la matriz de los valores normalizados $x_{i,j}$:

$$\mathbf{X} = [x_{i,j}]$$

2. Determinar la ponderación asociada a cada subindicador, w_j (que puede considerarse como una medida de su importancia relativa).

3. Multiplicar la *j*-ésima columna de \mathbf{X} por la ponderación correspondiente (w_j), obteniendo la matriz \mathbf{V} :

$$\mathbf{V} = [w_j \cdot r_{i,j}] = [v_{i,j}]$$

Cada alternativa queda caracterizada por una fila de la matriz \mathbf{V} representada por el vector $\mathbf{v}_i = [v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in}]$.

4. Definir los vectores asociados a las alternativas ideal (\mathbf{v}^+) y anti-ideal (\mathbf{v}^-):

$$\mathbf{v}^+ = [v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+] \quad \wedge \quad \mathbf{v}^- = [v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-]$$

donde v_j^+ y v_j^- son los valores menos y más deseados, respectivamente, del vector columna de la matriz \mathbf{V} asociado al subindicador j correspondiente.

¹¹ Ver Hwang, Ch-L.; Lai, Y-J; Liu, T-Y (1994)

¹² La traducción es nuestra.

5. Calcular las distancias de cada alternativa en evaluación a las alternativas Ideal y Anti-ideal:

$$D_i^+ = d(v_i, v^+) \wedge D_i^- = d(v_i, v^-)$$

6. Calcular el "ratio de similitud a la alternativa ideal" como:

$$IC_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (3)$$

Este indicador varía en el intervalo $[0,1]$, con $IC_i = 0$ para $a_i = a^-$ y $IC_i = 1$ para $a_i = a^+$.

7. Ordenar las alternativas en orden decreciente del Índice de Similitud a la alternativa ideal IC_i .

Existen diferentes versiones del método que dependen:

- del procedimiento que se utilice para normalizar los datos, de manera que la suma de los diferentes indicadores tenga sentido.
- del método que se emplee para obtener los pesos relativos de los indicadores que se agregan.
- de la función de distancia seleccionada¹³.

3.2.2. Critic

El método CRITIC (Diakoulaki, et al., 1995), basándose en la importancia de la correlación entre indicadores, sugiere que el peso del indicador j se determine como:

$$w_j = s_j \sum_{k=1}^n (1 - r_{jk}) \quad (4)$$

donde s_j es la desviación estándar de la columna j y r_{jk} es el coeficiente de correlación entre las columnas j y k de la matriz \mathbf{X} . Así, la importancia relativa del indicador es mayor cuando aporta información diferente a la de los otros indicadores y posee mayor varianza.

3.3. Índices Compuestos calculados

Con la intención de comparar los resultados obtenidos por el PNUD al calcular el Índice de Desarrollo Humano, con los determinados al utilizar los métodos de agregación y ponderación presentados en el apartado anterior, en la presente aplicación:

¹³ Existen diferentes métricas para el cálculo de distancias, entre las que podemos citar Ciudad, Euclidea y Tchebicheff, entre otras.

- Normalizamos los indicadores utilizando el mismo método de normalización empleado por el PNUD.
- Utilizamos dos conjuntos de ponderaciones para los subindicadores:
 - i) las ponderaciones del IDH
 - ii) las calculadas por aplicación del método CRITIC
- Emplearemos los métodos de agregación de Suma Ponderada y Topsis.
 - En Topsis, calculamos distancias euclídea y ciudad a las alternativas ideal y anti-ideal, determinadas considerando los valores teóricos establecidos por el PNUD para los subindicadores respectivos.

De esta manera establecimos seis alternativas de cálculo del Índice de Desarrollo Humano, que listamos en la Tabla 1.

Tabla 1: Indicadores Compuestos según Método de agregación y ponderación.

Indicador Comp.	Metodología de agregación	Ponderaciones
$IC^1(\text{IDH})$	Suma Ponderada	Propuestas por el PNUD
IC^2	Topsis con distancia Euclídea	Propuestas por el PNUD
IC^3	Topsis con distancia Ciudad	Propuestas por el PNUD
IC^4	Suma Ponderada	Resultantes de CRITIC
IC^5	Topsis con distancia Euclídea	Resultantes de CRITIC
IC^6	Topsis con distancia Ciudad	Resultantes de CRITIC

4. MEDIDA DE LA PÉRDIDA DE INFORMACIÓN

El proceso de construcción de un Indicador Compuesto parte de una matriz de datos **A** (que contiene las evaluaciones de cada alternativa respecto de cada subindicador) para obtener, a través de un método de agregación, el IC correspondiente.

Con el propósito de establecer un mecanismo que permita comparar Indicadores Compuestos, Zhou et al. (2006), Zhou y Ang (2009) desarrollan lo que dan en llamar Medida de Shannon-Spearman (SSM), que busca determinar la discrepancia entre la información contenida en la matriz de datos **A** y en el vector del IC construido,

refiriéndose a esta discrepancia como la “pérdida de información” al construir el Indicador Compuesto.

Esta medida se calcula considerando y cuantificando tres fuentes principales de información:

- El primer tipo de información proviene de la divergencia de las distintas alternativas con respecto a los n subindicadores y al IC derivado, que puede medirse mediante la entropía de Shannon (Zeleny, 1982). Si todas las alternativas tienen los mismos valores con respecto a algún subindicador, éste no proveerá información importante en la construcción del IC y, si todas las alternativas tienen los mismos valores con respecto al IC construido, este IC no permitirá discriminar las mismas.

- La segunda fuente de información resulta del conflicto entre el orden de las alternativas a_i con respecto a cada uno de los subindicadores y el orden de las mismas en el IC derivado. Para cuantificar este conflicto, los autores sugieren establecer un ordenamiento de referencia $r_0 = (a_m, a_{m-1}, \dots, a_1)^T$ (Diakoulaki et al. 1995) y calcular el coeficiente de correlación de rango de Spearman entre este ordenamiento de referencia y los ordenamientos de cada subindicador (r_{sj}) y entre r_0 y el ordenamiento del IC construido (r_s).

- La tercera fuente de información surge de los pesos asignados a los subindicadores previo a la agregación, que indican pueden ser tratados como “exógenos” y reflejar las preferencias de los sujetos decisores.

Combinando estos tres tipos de información, determinan SSM de la siguiente manera:

$$d_{SSM} = \left| \sum_{j=1}^n w_j (1 - e_j) r_{sj} - (1 - e) r_s \right| \quad (5)$$

donde e_j es la entropía del subindicador I_j y e , la entropía de IC.

Reemplazando e_j y e por sus iguales, podríamos reescribir (1) como:

$$d_{SSM} = \left| \sum_{j=1}^n w_j \left(1 + \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \right) r_{sj} - \left(1 + \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_i \ln p_i \right) r_s \right| \quad (6)$$

donde:

$$\rho_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

$$y \quad \rho_i = \frac{IC_i}{\sum_{i=1}^m IC_i} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (8)$$

En esencia, d_{SSM} es la diferencia de información en **A** y la información en **IC**. Intuitivamente, si un método MCDA siempre obtuviera un valor menor de d_{SSM} , es decir, presentara menor pérdida de información, podríamos referirnos al mismo como un mejor método de agregación, en lo que concierne a la pérdida de información.

Respecto de esta medida:

- Si todas las alternativas a_i tienen los mismos valores respecto al subindicador I_j , $e_j = 1$ y el subindicador I_j no proveerá información para comparar las alternativas. Por tal motivo, un subindicador proveerá información significativa para el cálculo del IC cuanto menor sea e_j o mayor sea $1 - e_j$, toda vez que $1 - e_j$ es el complemento de e_j dado que $0 \leq e_j \leq 1$. Es decir, $1 - e_j$ es la medida de la divergencia, y mayor divergencia es una cualidad deseable del subindicador. Un análisis similar es válido para e , la entropía de IC.

- Los coeficientes de correlación de Spearman r_{sj} y r_s se emplean para medir el conflicto entre los ordenamientos del indicador de referencia y los de los subindicadores I_j y del IC, respectivamente. A mayor correlación menor conflicto, y menor conflicto es una cualidad deseable del IC correspondiente.

Un aspecto que consideramos importante destacar es que, en la construcción de d_{SSM} , los autores sugieren establecer un orden de referencia r_0 , sin especificar las características que debiera reunir el mismo.

Nuestro propósito es comparar los Indicadores Compuestos obtenidos por aplicación de diferentes métodos de ponderación y agregación y consideramos no estar en condiciones de estipular cuál de ellos, u otro, podría emplearse como referente, en virtud de que tal ordenamiento debería elegirse en base a un criterio cuidadosamente seleccionado que permitiera identificarlo como “bueno” o “preferible” desde algún punto de vista.

Por tal motivo, proponemos realizar una modificación a la medida desarrollada por los autores, que consiste en considerar como

ordenamiento de referencia, en cada caso, al Indicador Compuesto construido. Como $r_0 = IC$, r_{sj} será el coeficiente de correlación de rangos de Spearman entre cada subindicador y el IC construido considerado, y $r_s = 1$.

Incorporando esta modificación en (5) y (6), planteamos la medida de pérdida de información en la construcción del Indicador Compuesto según (9) y (10) como:

$$d = \left| \sum_{j=1}^n w_j (1 - e_j) r_{sj} - (1 - e) \right| \quad (9)$$

$$d = \left| \sum_{j=1}^n w_j \left(1 + \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \right) r_{sj} - \left(1 + \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_i \ln p_i \right) \right| \quad (10)$$

Consideramos que d también representa una medida de la pérdida de información entre la matriz de datos \mathbf{A} y el vector del indicador compuesto construido (sin compararlo con un referente) y podríamos decir que un mejor IC, en términos de pérdida de información, sería aquel para el cual d sea menor.

5. APLICACIÓN A LA MEDICIÓN DEL DESARROLLO HUMANO DE PAÍSES LATINOAMERICANOS

Para la presente aplicación, hemos seleccionado como sistema bajo análisis a los países de América Latina que constituyen Estados soberanos, por lo que se excluyen Dominica, la Guayana francesa y demás dependencias de este país, y de Estados Unidos.

Los datos de los subindicadores empleados correspondientes al Informe de Desarrollo Humano 2007-2008¹⁴ publicado por el PNUD y los Indicadores Compuestos construidos para los países del sistema bajo análisis se presentan en el Anexo.

Las medidas descriptivas (media, desviación estándar, coeficiente de variación y rango) y el valor de la entropía y la divergencia para los subindicadores empleados en la construcción de los ICs, y para la matriz **IC**, se presentan en las Tablas 2 y 3, respectivamente.

¹⁴ Los datos corresponden al año 2005. Para la TAA, se refieren al período 1995-2005.

Tabla 2: Medidas descriptivas, entropía y divergencia de los subindicadores

	PBI	TAA	TBM	EVN
Media	6889,55	87,48	76,89	72,39
Desv. estándar	3311,12	10,83	9,21	4,53
Coef. de Variación	0,4806	0,1238	0,1198	0,0626
Rango	12617	45,00	36,70	19,00
Entropía	0,9631	0,9974	0,9977	0,9994
Diverg.	0,0369	0,0026	0,0023	0,0006

Tabla 3: Medidas descriptivas, entropía y divergencia de los indicadores compuestos

	IC¹	IC²	IC³	IC⁴	IC⁵	IC⁶
Media	0,7717	0,7541	0,7717	0,7755	0,7610	0,7755
Desv. estándar	0,0808	0,0778	0,0808	0,0815	0,0781	0,0815
Coef. de Variación	0,1047	0,1032	0,1047	0,1051	0,1027	0,1051
Rango	0,3396	0,3263	0,3396	0,3557	0,3488	0,3557
Entropía	0,9982	0,9982	0,9982	0,9981	0,9982	0,9981
Diverg.	0,0018	0,0018	0,0018	0,0019	0,0018	0,0019

Analizando los valores del coeficiente de variación (C.V.), el subindicador del Producto Bruto Interno (PBI) registra un alto valor, considerablemente mayor que el de los demás subindicadores. La Esperanza de Vida al Nacer (EVN), en contraposición, registra el menor valor. Esta característica, se ve reflejada en los valores de la Divergencia de los subindicadores, ya que el valor 0,0369 para el PBI es significativamente mayor que 0,0006, registrado para la EVN. Estos valores indican que el PBI es el subindicador que más información aporta para la construcción de los ICs.

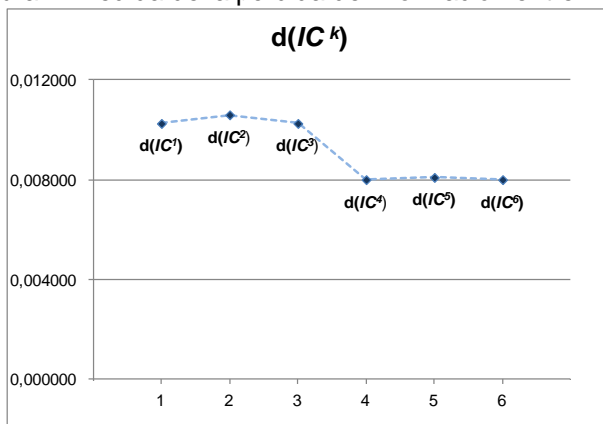
Por otra parte, los bajos valores de divergencia para los ICs sugieren que estos ICs, si bien permiten ordenar los países del conjunto considerado, no evidencian una diferencia muy marcada en el poder de discriminación entre ellos. Esta circunstancia se puede observar, también, a través del rango de variación de sus valores.

Los resultados de calcular la medida de pérdida de información propuesta para los diferentes ICs calculados se presentan en la Tabla 4 y pueden observarse en la Figura 1.

Tabla 4: Medida de la pérdida de información entre A e IC

IC^k	IC^1	IC^2	IC^3	IC^4	IC^5	IC^6
$d(IC^k)$	0,010263	0,010608	0,010263	0,008008	0,008097	0,008008
Ranking	4	6	4	1	3	1

Figura 1: Medida de la pérdida de información entre A e IC



Según estos resultados, la menor pérdida de información se observa para los ICs construidos utilizando los pesos determinados con CRITIC, y de éstos, los que agregan los subindicadores empleando los métodos de Suma Ponderada y Topsis con distancia ciudad. Encontramos una relación similar para la pérdida de información entre los métodos de agregación que utilizan los ponderadores determinados por el PNUD.

Lo expresado en el párrafo anterior apoyaría las críticas que se hacen al empleo de los pesos utilizados en la construcción del IDH, enfatizando la naturaleza subjetiva y un tanto arbitraria de la selección de los mismos, desde que su utilización se ve reflejada en una mayor pérdida de información.

Analizando la diferencia relativa en los valores de d , encontramos que la misma no es significativa entre el mejor valor, $d(IC4)$ y $d(IC6)$, y el siguiente, $d(IC5)$, mientras que $d(IC1)$ y $d(IC3)$ lo superan en un 28,16%, y $d(IC2)$, el peor valor observado, en un 32,47%.

Como un valor individual no provee información acerca de la precisión y confiabilidad de $d(IC^k)$ y se desconocen las propiedades estadísticas de esta medida, Zou & Ang, (ibídem), sugieren determinar

intervalos de confianza para la misma. Con este propósito, empleamos la técnica no paramétrica bootstrap (Peña, 2001).

La técnica bootstrap o estimación de Monte Carlo, ampliamente utilizada, fue propuesta por Bradley Efron en 1979 y consiste en, dada una muestra con n observaciones, tratar a dicha muestra como si fuera toda la población extrayendo de la misma B muestras con reemplazo, calculando para cada una de ellas el valor de la medida que se desea estudiar, en nuestro caso, $d(IC_k)$.

Este enfoque proporciona una buena aproximación de la distribución de los estimadores, permitiendo describir algunas de sus propiedades muestrales, el cálculo de intervalos de confianza y la realización de tests de hipótesis.

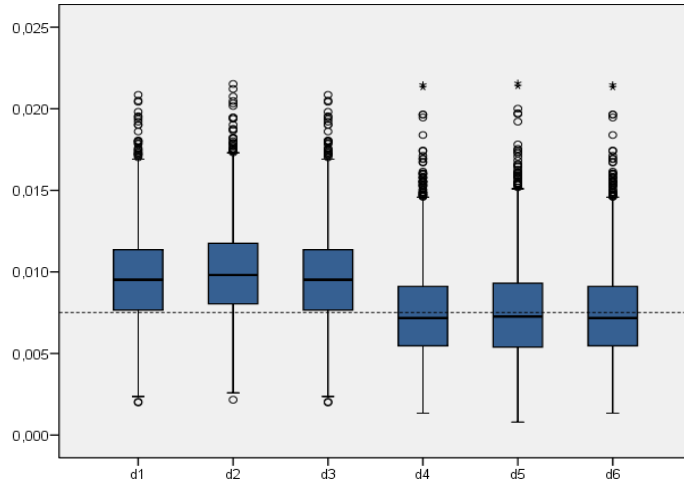
En general, Efron y Tibshiriani (1993) recomiendan fijar el número de muestras generadas en 50 para estimar el error estándar y en 1000 para estimar intervalos de confianza. En nuestro caso, decidimos generar 2000 muestras de 20 observaciones cada una a los fines de estimar tales intervalos para la medida de pérdida de información de los ICs construidos, dado el desconocimiento de las propiedades estadísticas de d , que mencionamos oportunamente.

La Tabla 5, resume las medidas descriptivas para las $d(IC^k)$ calculadas en base a las 2000 muestras y los intervalos de confianza para la media con un nivel de significación de 0,95. En la Figura 2, presentamos sus diagramas de caja y brazos. La línea punteada en esta figura representa el valor de la menor $d(IC_k)$ media.

Tabla 5: Medidas Descriptivas para $d(IC^k)$

	$d(IC^1)$	$d(IC^2)$	$d(IC^3)$	$d(IC^4)$	$d(IC^5)$	$d(IC^6)$
Media	0,00966	0,01000	0,00966	0,00751	0,00761	0,00751
Desv. Estándar	0,00287	0,00289	0,00287	0,00283	0,00301	0,00283
Coefficiente de variación	0,29706	0,28866	0,29706	0,37684	0,39490	0,37684
Rango	0,01886	0,01935	0,01886	0,02013	0,02078	0,02013
Límite inferior Intervalo de confianza al 95%	0,00954	0,00988	0,00954	0,00739	0,00748	0,00739
Límite superior Intervalo de confianza al 95%	0,00979	0,01013	0,00979	0,00764	0,00774	0,00764

Figura 2: Diagramas de Caja y Brazos para $d(IC^k)$



Del análisis de la Tabla 5 y la Figura 2 podemos concluir que no existen grandes diferencias en las amplitudes de los intervalos de confianza. No obstante, es posible observar la presencia de valores extremos para todas las $d(IC^k)$. Esta circunstancia podría atribuirse al hecho de existir un número de muestras para las cuales se repite varias veces un grupo de países con bajo desempeño en la mayoría de los subindicadores, generando valores muy grandes para $d(IC^k)$. Por tal motivo, consideramos oportuno ampliar el análisis, determinando nuevas muestras con un número menor de observaciones (de 10 y 15 países, por ejemplo) y comparar los resultados obtenidos con los aquí presentados.

6. CONCLUSIONES

En los últimos años, los Métodos de Apoyo a la Decisión Multicriterio se han utilizado ampliamente en la construcción de Indicadores Compuestos. Un problema que enfrentamos quienes hacemos uso de los mismos es el de determinar qué método de agregación, ponderación o normalización (de corresponder) resulta más apropiado frente al problema que se evalúa.

En este sentido, la medida de Shannon – Spearman propuesta por Zhou et al. (2006) resulta una alternativa de comparación objetiva de los diferentes ICs construidos en términos de la pérdida de información que

se produce de la matriz de datos de los subindicadores considerados a la contenida en el Indicador Compuesto correspondiente. Consideramos que las modificaciones que se proponen en el cálculo de la misma aportan una opción igualmente útil.

La aplicación de la misma a la comparación de índices alternativos al IDH construidos a partir de diferentes métodos de agregación y ponderación permitió identificar la existencia de menor pérdida de información en la utilización de ponderaciones obtenidas objetivamente a partir del uso del método CRITIC.

Si bien estamos satisfechos con los avances realizados, consideramos oportuno ampliar nuestra investigación aplicando la medida de pérdida de información propuesta frente a variaciones en los métodos de normalización, utilizando otros métodos de agregación y conformando nuevas muestras en oportunidad de analizar la sensibilidad de la misma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atkinson, B (1970): *On The Measurement of Inequality*, Journal of Economic Theory, Vol. 2, pp 244-263.
- Barba-Romero, S. Pomerol J-C, (1997): Decisiones Multicriterio: Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica *Universidad de Alcalá, España*.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G. y Papayannakis, L. (1995): *Determining Objective Weights in Multiple Criteria Problems: The CRITIC Method*, *Computers Operations Research*, 22, N° 7, 763-770.
- Efron, B.; Tibshirani, R. (1993): An introduction to the Bootstrap, *Chapman & Hall, Gran Bretaña*.
- Munda, G.; Nardo, M. (2005): Constructing Consistent Composite Indicators: The Issue of Weights. *European Commission, Directorate-General Joint Research Centre, Institute for the Protection and Security of the Citizen*.
- Nardo, M.; Saisana, M.; Saltelli, A.; Tarantola, S.; Hoffman, A.; Giovannini, E. (2008): Handbook on constructig composite indicators: methodology and user guide. *OECD Statistics Working Paper – STD/DOC*.
- Peña, D., (2001) Fundamentos de Estadística *Alianza Editorial, España*.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo): *Informe sobre desarrollo humano 2007-2008*.
http://hdr.undp.org/en/media/HDR_20072008_SP_Complete.pdf.
- Disponible en web: 01-12-2012

- Zhou, P.; Ang, B. W.; Poh, K. L.; (2006): *Comparing Aggregating Methods for Constructing the Composite Environmental Index: An Objective Measure*, Ecological Economics 59, pp 305-311.
- Zhou, P.; Ang, B. W.; (2009): *Comparing MCDA Aggregation Methods in Constructing Composite Indicators Using the Shannon-Spearman Measure*, Soc Indic Res (2009) 94, pp 83-96.
- Zeleny, M. (1982): *Multiple Criteria Decision Making*, McGraw-Hill Book Company, New York, USA.

ANEXO

Matriz de datos

Países	A			
	PBI	TAA	TBM	EVN
Argentina	14.280	97,20	89,70	74,80
Bolivia	2.819	86,70	86,00	64,70
Brasil	8.402	88,60	87,50	71,70
Chile	12.027	95,70	82,90	78,30
Colombia	7.304	92,80	75,10	72,30
Costa Rica	10.180	94,90	73,00	78,50
Cuba	6.000	99,80	87,60	77,70
Ecuador	4.341	91,00	75,00	74,70
El Salvador	5.255	80,60	70,40	71,30
Guatemala	4.568	69,10	67,30	69,70
Haití	1.663	54,80	53,00	59,50
Honduras	3.430	80,00	71,20	69,40
Méjico	10.751	91,60	75,60	75,60
Nicaragua	3.674	76,70	70,60	71,90
Panamá	7.605	91,90	79,50	75,10
Paraguay	4.642	3,50	69,10	71,30
Perú	6.039	87,90	85,80	70,70
República Dominicana	8.217	87,00	74,10	71,50
Uruguay	9.962	96,80	88,90	75,90
Venezuela	6.632	93,00	75,50	73,20

Matriz de Indicadores Compuestos

Países	IC					
	IC ¹	IC ²	IC ³	IC ⁴	IC ⁵	IC ⁶
Argentina	0,8684	0,8486	0,8684	0,8826	0,8723	0,8826
Bolivia	0,6945	0,6559	0,6945	0,7403	0,7226	0,7403
Brasil	0,8001	0,7812	0,8001	0,8217	0,8149	0,8217
Chile	0,8674	0,8530	0,8674	0,8629	0,8477	0,8629
Colombia	0,7912	0,7741	0,7912	0,7906	0,7752	0,7906
Costa Rica	0,8464	0,8341	0,8464	0,8249	0,7994	0,8249
Cuba	0,8397	0,7955	0,8397	0,8531	0,8181	0,8531
Ecuador	0,7714	0,7449	0,7714	0,7707	0,7483	0,7707
El Salvador	0,7350	0,7274	0,7350	0,7299	0,7210	0,7299
Guatemala	0,6893	0,6886	0,6893	0,6822	0,6772	0,6822
Haití	0,5287	0,5267	0,5287	0,5268	0,5235	0,5268
Honduras	0,7002	0,6845	0,7002	0,7053	0,6951	0,7053
Méjico	0,8289	0,8220	0,8289	0,8177	0,8037	0,8177
Nicaragua	0,7099	0,6985	0,7099	0,7073	0,6968	0,7073
Panamá	0,8119	0,7944	0,8119	0,8126	0,7982	0,8126
Paraguay	0,7553	0,7321	0,7553	0,7507	0,7278	0,7507
Perú	0,7727	0,7492	0,7727	0,7968	0,7865	0,7968
República Dominicana	0,7793	0,7713	0,7793	0,7767	0,7684	0,7767
Uruguay	0,8527	0,8276	0,8527	0,8667	0,8502	0,8667
Venezuela	0,7917	0,7724	0,7917	0,7909	0,7736	0,7909

COMPARACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE NORMALIZACIÓN Y MÉTRICAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES COMPUESTOS DE BIENESTAR SOCIAL UTILIZANDO EL MÉTODO TOPSIS

MARIANA FUNES

JOSEFINA RACAGNI

HERNÁN GUEVEL

SANTIAGO MINOLLI

Palabras Clave: Bienestar Social, TOPSIS, CRITIC, Medida de Pérdida de Información, Bootstrap.

1. INTRODUCCIÓN

El Bienestar Social es un concepto de difícil definición, por lo que, con la intención de caracterizarlo, la Organización Mundial de la Salud se refiere al mismo como *“un conjunto de factores que participan en la calidad de vida de las personas y aportan a su existencia elementos que dan lugar a su tranquilidad y satisfacción”*, definiendo a la “Calidad de Vida” como *“la percepción personal de un individuo de su lugar en la vida, dentro del contexto cultural y del sistema de valores en los que vive y en relación con sus objetivos, sus expectativas, sus valores e inquietudes”*. Estas aproximaciones sugieren que el Bienestar Social se vincula estrechamente con un estado de satisfacción y realización general de los individuos, influido por su estado de salud (físico y psicológico), por factores culturales y por el grado de bienestar económico de la sociedad en cuestión, entre otros.

Sobre la base de esta idea y en forma similar a lo que realiza el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) a través del Índice de Desarrollo Humano (IDH), optamos por estudiar este fenómeno indirectamente, analizando un conjunto de indicadores que representan exteriorizaciones de los aspectos relacionados con el mismo, construyendo un Indicador Compuesto (IC) que permitan resumir en una única medida, el desempeño de los países latinoamericanos en esta materia.

La construcción de un IC supone la adopción, por parte del analista, de una serie de decisiones de carácter subjetivo, que influirán en mayor o menor medida sobre los resultados y la utilidad del índice obtenido. Entre estas decisiones, podemos mencionar el método de agregación de los distintos subindicadores en una medida singular, el procedimiento de normalización que podría ser necesario o conveniente efectuar (dependiendo de las características de la metodología elegida para la agregación de los datos¹⁵) y el método de asignación de ponderaciones a las variables o sub-indicadores que se utilizarán para calcular el IC. Diferentes combinaciones entre métodos de normalización, ponderación y agregación de evaluaciones, generan diferentes alternativas de construcción de Indicadores Compuestos, por lo que surge la necesidad de establecer un procedimiento que permita compararlos de manera de determinar si alguno de ellos resulta más apropiado en virtud de la temática a tratar y los datos considerados.

Algunos autores han sugerido tener en cuenta al momento de seleccionar un método apropiado, cuestiones tales como el análisis de sus fundamentos teóricos, la facilidad de uso y la validez, entre otros. Por su parte, (Zhou et al., 2006) desarrollaron una medida objetiva, asociada al concepto de “pérdida de información”, que denominaron “Medida de Shannon – Spearman” (SSM), que permite cuantificar la pérdida de información que se produce al transformar los datos contenidos en los subindicadores individuales, en el IC respectivo.

En virtud de considerar la existencia de una estrecha relación entre el Desarrollo Humano y el Bienestar Social, proponemos estudiar el grado de Bienestar Social alcanzado por los países latinoamericanos, contemplando el conjunto de indicadores empleados en el cálculo del IDH e incorporando otros que, desde nuestro punto de vista, aportarían más información y permitirían evaluar otras dimensiones no consideradas en el cálculo de aquel índice. Para la agregación de los subindicadores seleccionados empleamos el Método de Apoyo a la Decisión Multicriterio TOPSIS, aplicando distintos procedimientos de normalización y medidas de distancia, calculando las ponderaciones de los subindicadores mediante el método CRITIC (Diakoulaki, et al., 1995). Los Indicadores Compuestos obtenidos por la combinación de diferentes procedimientos de normalización y cálculo de distancias fueron comparados utilizando la medida de Shannon-Spearman propuesta por

¹⁵ Los valores observados de los subindicadores frecuentemente están medidos en diferentes unidades y/o escalas, mientras que los normalizados, se convierten en valores relativos (sin unidad de medida), pertenecientes, por lo general, al intervalo [0, 1].

los autores citados, con algunas modificaciones que discutiremos en la sección “Materiales y Métodos”. Con el propósito de establecer intervalos de confianza para esta medida, se generaron muestras artificiales mediante la técnica Bootstrap.

Se hace constar que el resumen del texto base de este capítulo fue sometido a referato y aceptado por el comité científico del XIX Simposio Internacional de Métodos Matemáticos Aplicados a las Ciencias que tiene lugar en San José, Costa Rica, en febrero de 2014.

En la siguiente sección indicamos la notación empleada, describimos la metodología utilizada para construir los Indicadores Compuestos y desarrollamos el concepto de medida de Shannon - Spearman y las modificaciones sugeridas. A continuación, presentamos los resultados y finalmente, las conclusiones obtenidas.

2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LOS INDICADORES COMPUESTOS

Sea S el conjunto de unidades a estudiar (en el presente caso, los 20 países de América Latina que constituyen Estados soberanos¹⁶) y a_i ($i = 1, 2, \dots, m$) los elementos de este conjunto.

El desempeño de cada país depende de un conjunto J de n atributos, cada uno de los cuales está representado por un subindicador¹⁷, al que denotamos por I_j , de tal manera que a_{ij} representa el desempeño del país i respecto del subindicador j , para $i: 1, 2, \dots, m$ y $j: 1, 2, \dots, n$.

El conjunto de datos está representado por la matriz $A = [a_{ij}]$; cada vector fila de la matriz representa un país $a_i = [a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}]$ y cada vector columna, un subindicador $I_j = [a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{mj}]$.

Denotamos con x_{ij} los valores normalizados de las evaluaciones del país a_i respecto del subindicador I_j y la matriz $X = [x_{ij}]$ es la matriz de los valores normalizados.

Construimos k Indicadores Compuestos IC_i^k , combinando diferentes procedimientos de normalización de las observaciones y métricas, manteniendo el conjunto de ponderaciones y el método de agregación. Estos Indicadores miden el desempeño de cada unidad a_i , como una

¹⁶ Se excluyen Dominica, la Guayana francesa y demás dependencias de este país, y de Estados Unidos.

¹⁷ Llamaremos a estos elementos “subindicador”, “índice parcial” o “variable” indistintamente.

función de los correspondientes subindicadores. Es decir, $IC_i^k = f_j(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in})$; $\forall k$. La matriz $IC = [IC_i^k]$ contiene los k Índices.

En la Tabla 1 presentamos las dimensiones e indicadores considerados, su codificación y la clasificación de los mismos en positivos o negativos, en virtud de considerar si mayores valores de los indicadores son deseables o no en términos de aumentar el grado de bienestar social.

Tabla 1: Codificación y clasificación de los indicadores seleccionados

Dimensión	Indicador	Código	Clasif.
Estándar de vida ¹⁸	PBI per Cápita U\$D PPA (2005)	PBI	Positivo
Educación ⁶	Tasa de alfabetización de adultos (1995-2005)	TAA	Positivo
	T. bruta combinada de matric. primaria, secundaria y terciaria (2005)	TBM	Positivo
Salud ⁶	Esperanza de vida al nacer (2000-2005)	EVN	Positivo
	Gasto en salud per Cápita U\$D PPA (2004)	GS	Positivo
	Tasa de Mortalidad Infantil (2005)	TMI	Negativo
Impacto Medioambiental ⁶	Emisiones de dióxido de carbono per Cápita (2004)	ECO2	Negativo
Acceso a la tecnología ⁶	Líneas de telefonía celular cada 1000 habitantes (2005)	LTC	Positivo
	Usuarios de internet cada 1000 habitantes (2005)	UI	Positivo
Gobernabilidad ¹⁹	Indicador de Efectividad Gubernamental (2005)	EG	Positivo
	Indicador de Calidad Regulatoria (2005)	CR	Positivo

¹⁸ Fuente: Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008.

¹⁹ Fuente: Cuestiones de Gobernabilidad V (Banco Mundial). Acceso al documento y la base de datos en <http://worldbank.org/wbi/governance>.

Para agregar los subindicadores seleccionados, utilizamos el método TOPSIS (Technique for Order by Similarity to Ideal Solution) que construye un índice de similaridad a una alternativa "Ideal" que permite establecer una ordenación del conjunto de elementos sujeto a evaluación, sobre la base del "axioma de elección de Zéleny" (Zeleny, 1982) que dice: "es racional elegir una alternativa lo más próxima a la ideal o lo más alejada de la anti-ideal"²⁰.

Existen diferentes versiones de este método que dependen del procedimiento que se utilice para normalizar los datos, del modo en que se determinen los pesos relativos de los indicadores que se agregarán y de la función de distancia seleccionada para reflejar la noción de proximidad.

En la presente aplicación normalizamos las evaluaciones a_{ij} aplicando:

a) Fracción de la Suma de los valores observados: $x_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^m a_{ij}$;

b) Fracción del Rango de variación: $x_{ij} = (a_{ij} - a_{ij}^-) / (a_{ij}^+ - a_{ij}^-)$;

c) Fracción del Máximo valor observado: $x_{ij} = a_{ij} / a_{ij}^+$;

d) Fracción del Módulo del Vector: $x_i = a_{ij} / \left(\sum_{i=1}^m a_{ij}^2 \right)^{1/2}$;

e) Estandarización Robusta: $x_{ij} = (a_{ij} - Me_j) / (Meda_j)$,

donde: a_{ij}^+ y a_{ij}^- son el máximo y el mínimo a_{ij} para I_j , respectivamente; Me_j y $Meda_j$ son la Mediana y Desviación Mediana de I_j , respectivamente. Este último procedimiento de normalización, a diferencia de los anteriores, no es sensible a valores extremos, presentes en el conjunto de datos analizado. Lo incorporamos al análisis con la intención de estudiar los efectos que éste produce en el cálculo de los Indicadores compuestos.

Cabe mencionar que, tal como sugiere el PNUD para el indicador del PBI per Cápita en dólares de paridad de poder adquisitivo, previo a la normalización, aplicamos una transformación no lineal tomando su logaritmo natural²¹, para reflejar la propiedad generalmente aceptada de

²⁰ La traducción es nuestra.

²¹ Aunque para reflejar esta característica es posible utilizar cualquier logaritmo del PBI con base mayor a uno.

los rendimientos decrecientes asociados a la utilidad del ingreso. Con el mismo criterio extendimos este tratamiento al Gasto en Salud per cápita. Por otra parte, en virtud de que los indicadores de gobernabilidad contienen $a_{ij} < 0$, previo a la normalización, transformamos la escala de manera que $\hat{a}_{ij} = a_{ij} - (\min_j a_{ij} \times 1,01)$ de manera que $\hat{a}_{ij} > 0$.

Determinamos la ponderación asociada a cada subindicador, w_j , empleando el método CRITIC (Diakoulaki, et al., 1995), que sugiere que el peso del indicador j se determine como:

$$w_j = s_j \sum_{k=1}^n (1 - r_{jk}) \quad (1)$$

donde s_j es la desviación estándar de la columna asociada al subindicador j y r_{jk} es el coeficiente de correlación entre las columnas j y k de la matriz \mathbf{X} , calculada aplicando la normalización de Fracción del Rango. La importancia relativa del indicador es mayor cuando posee mayor varianza y aporta información diferente a la de los otros indicadores.

Para calcular las distancias de cada alternativa a las alternativas Ideal y Anti-ideal, $D_i^+ = d(v_i, v^+)$ y $D_i^- = d(v_i, v^-)$ ²², trabajamos con tres casos particulares de la familia de funciones de distancias de Mincowski: la Distancia Ciudad; la Distancia Euclídea y la Distancia de Tchebycheff.

El último paso de TOPSIS, consiste en calcular el "ratio de similitud a la alternativa ideal", que varía en el intervalo [0,1], con $IC_i = 0$ para $a_i = a^-$ (alternativa anti-ideal) y $IC_i = 1$ para $a_i = a^+$ (alternativa ideal) como:

$$IC_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (2)$$

IC_i permite ordenar las alternativas en sentido decreciente de la preferencia. Cada combinación de método de normalización y métrica constituye un IC diferente. En la Tabla 2 se presentan las quince alternativas de IC construidas.

²² $\mathbf{v}^+ = [v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+] \wedge \mathbf{v}^- = [v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-]$ son los vectores asociados a las alternativas

Ideal (\mathbf{v}^+) y Anti-ideal (\mathbf{v}^-) determinados en base a la matriz $\mathbf{V} = [v_{ij}]$; $v_{ij} = x_{ij} \cdot w_j$.

Tabla 2: Indicadores Compuestos según Método de normalización y Métrica

Metodología de normalización	Métrica		
	Distancia Ciudad	Distancia Euclídea	Distancia Tchebycheff
Fracción de la Suma	IC^1	IC^6	IC^{11}
Fracción del Rango	IC^2	IC^7	IC^{12}
Fracción del Módulo del Vector	IC^3	IC^8	IC^{13}
Fracción del Máximo	IC^4	IC^9	IC^{14}
Estandarización Robusta	IC^5	IC^{10}	IC^{15}

Con el propósito de establecer un mecanismo que permita comparar Indicadores Compuestos, Zhou et al. (2006), Zhou y Ang (2009), desarrollan lo que dan en llamar Medida de Shannon-Spearman (SSM), que busca determinar la discrepancia entre la información contenida en la matriz de datos **A** (que contiene las evaluaciones de cada alternativa respecto de cada subindicador) y la contenida en el vector del IC construido, refiriéndose a esta discrepancia como la “pérdida de información” en el proceso de construcción del IC.

Esta medida se calcula considerando y cuantificando tres fuentes principales de información: i) la divergencia de las distintas alternativas con respecto a los n subindicadores y al IC derivado, medible a través de la entropía de Shannon (Zeleny, 1982), ii) el conflicto entre el orden de las alternativas con respecto a cada uno de los sub-indicadores y el orden de las mismas en el IC derivado, cuantificable calculando el coeficiente de correlación de Spearman entre un ordenamiento de referencia que sugieren determinar $r_0 = (a_m, a_{m-1}, \dots, a_1)^T$ (Diakoulaki et al., 1995) y los ordenamientos de cada subindicador (r_{sj}), y entre r_0 y el ordenamiento del IC construido (r_s), y iii) los pesos asignados a los subindicadores previo a la agregación (considerados en este caso factores exógenos a los fines del cálculo de la SSM). Combinando estas tres fuentes de información, determinan SSM de la siguiente manera:

$$d_{SSM} = \left| \sum_{j=1}^n w_j \left(1 + \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \right) r_{sj} - \left(1 + \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_i \ln p_i \right) r_s \right| \quad (3)$$

Donde

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (i = 1, 2, \dots, m); j=(1,2,\dots,n) \quad \text{y} \quad p_i = \frac{IC_i}{\sum_{i=1}^m IC_i} \quad (i=1,2,\dots,m)$$

En esencia, d_{SSM} es la diferencia entre la información en **A** y la información en **IC**. Intuitivamente, si un método MCDA siempre obtuviera un valor menor de d_{SSM} , es decir, presentara menor pérdida de información, podríamos referirnos al mismo como un mejor método de construcción de ICs.

Resulta importante destacar que los autores no especifican las características que debiera reunir r_0 y quienes suscribimos el presente consideramos no encontrarnos en condiciones de estipular si algún ordenamiento de los obtenidos, u otro, pudiera emplearse como referente. Asumimos, además, que tal referente debiera seleccionarse en base a un criterio que permita identificarlo como “bueno” o “preferible” desde algún punto de vista. En este sentido, proponemos una modificación a la d_{SSM} que consiste en considerar como ordenamiento de referencia, en cada caso, al Indicador Compuesto construido. Como $r_0 = \mathbf{IC}$, r_{sj} será el coeficiente de correlación de rangos de Spearman entre cada subindicador y el IC considerado, y $r_s = 1$, de modo que planteamos la medida de pérdida de información en la construcción del Indicador Compuesto como:

$$d(IC^k) = \left| \sum_{j=1}^n w_j \left(1 + \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \right) r_{sj} - \left(1 + \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_i \ln p_i \right) \right| \quad (4)$$

Consideramos que $d(IC^k)$ también representa una medida de la pérdida de información entre la matriz de datos **A** y el vector del indicador compuesto construido (sin compararlo con un referente) y podríamos decir que un mejor IC, en términos de pérdida de información, sería aquel para el cual $d(IC^k)$ sea menor.

3. RESULTADOS

En las Tablas 3 y 4 presentamos las ponderaciones asociadas a cada subindicador y los resultados del cálculo de la medida de pérdida de información para cada IC de Bienestar Social construido para los países Latinoamericanos, respectivamente. La base de datos puede consultarse en el Anexo, al final del texto.

Tabla 3: Ponderaciones asociadas a los subindicadores

Indicador	w_j	Indicador	w_j
PBI	0,0669	ECO2	0,0937
TAA	0,0815	LTC	0,0830
TBM	0,0899	UI	0,0933
EVN	0,0791	EG	0,0666
GS	0,0800	CR	0,0813
TMI	0,1845		

El indicador con mayor peso relativo fue la Tasa de mortalidad infantil (TMI), seguido por Emisiones de dióxido de carbono (ECO₂), Usuarios de internet (UI) y Tasa Bruta combinada de matriculación (TBM), por lo que las dimensiones con mayor peso en el análisis son Salud, Impacto Medioambiental, Acceso a la tecnología y Educación, en ese orden.

Tabla 4: Medidas de Pérdida de Información y *Ranking* (datos originales)

IC^k	Referencia		d(IC^k)	Ranking
	Métrica	Proc. de Normalización		
IC²	Ciudad	Fracción del Rango	0.00244	1
IC⁵	Ciudad	Estandarización Robusta	0.00461	2
IC⁴	Ciudad	Fracción del Máximo	0.00498	3
IC¹⁵	Tchebicheff	Estandarización Robusta	0.00595	4
IC³	Ciudad	Fracción del Módulo Vector	0.00701	5
IC¹	Ciudad	Fracción de la Suma	0.00757	6
IC⁷	Euclidea	Fracción del Rango	0.00826	7
IC¹¹	Tchebicheff	Fracción de la Suma	0.00872	8
IC¹³	Tchebicheff	Fracción del Módulo Vector	0.00898	9
IC¹⁰	Euclidea	Estandarización Robusta	0.00963	10
IC⁹	Euclidea	Fracción del Máximo	0.01012	11
IC¹²	Tchebicheff	Fracción del Rango	0.01024	12
IC¹⁴	Tchebicheff	Fracción del Máximo	0.01046	13
IC⁸	Euclidea	Fracción del Módulo Vector	0.01084	14
IC⁶	Euclidea	Fracción de la Suma	0.01105	15

Del análisis de los valores de la medida de pérdida de información asociada a los ICs, podríamos decir que el principal factor de pérdida de información estaría asociado a la métrica empleada para calcular las distancias al calcular el ratio de similaridad, mientras que el método de normalización empleado, tendría menor impacto. En general, los índices construidos empleando la distancia ciudad, muestran un mejor desempeño, con la única excepción de la combinación entre estandarización robusta y distancia de Tchebycheff, que se ubica en cuarto lugar en términos de conservación de la información. Los métodos de normalización, por su parte, muestran similares comportamientos cuando trabajamos con las distancias ciudad y euclídea, resultando en orden decreciente de desempeño los procedimientos de fracción del rango, estandarización robusta, fracción del máximo valor observado, fracción del módulo del vector y fracción de la suma. Este patrón se altera al emplear distancia de Tchebycheff, que presenta mejores resultados con los procedimientos de estandarización robusta y fracción de la suma de los valores observados.

Calculando las diferencias relativas entre los valores de $d(IC_k)$, las más importantes se observan entre el mejor valor y el siguiente (88,86%), entre el tercero y el cuarto (19,53%) y entre este último y el quinto mejor (17,73%). Del resto de las diferencias, la más importante es la que existe entre las posiciones seis y siete, resultando la misma del 9,2%, aproximadamente.

Como un valor individual no provee información de la precisión y confiabilidad de $d(IC^k)$ y se desconocen las propiedades estadísticas de esta medida, Zou & Ang, (ibídem), sugieren determinar intervalos de confianza para la misma. Con este propósito, empleamos la técnica no paramétrica bootstrap, propuesta por Efron en 1979, que consiste en extraer B muestras con reemplazo a partir de una muestra con n observaciones (tratada como si fuera la población completa) y calcular para cada una de ellas el valor de la medida que se desea estudiar. De este modo se obtiene una buena aproximación de la distribución de los estimadores, permitiendo calcular intervalos de confianza para las medidas, realizar tests de hipótesis y describir algunas de sus propiedades muestrales.

Con el propósito de estimar intervalos de confianza para la medida de pérdida de información $d(IC^k)$ con un nivel de significación del 5%, programamos en el lenguaje libre R un algoritmo iterativo que realizara corridas de 2000 muestras bootstrap de 20 observaciones cada una, calculando el valor medio de $d(IC^k)$ para cada método de construcción de IC. Establecimos como regla de finalización del proceso de simulación,

que el mismo se detenga cuando el valor esperado de todos y cada uno de los vectores de valores medios de $d(IC^k)$ de la corrida “ n ” sea inferior en 0,005% al mismo valor calculado para la corrida “ $n-1$ ”. Siguiendo esta regla, el algoritmo se detuvo en la iteración N° 197, es decir, habiendo simulado 394000 muestras.

La Tabla 5 resume los valores medios de las $d(IC^k)$ simuladas, los intervalos de confianza construidos en base a estos resultados, ordenados según su capacidad de conservar la información y, a efectos comparativos, el ranking que corresponde a estas medidas de pérdida de información al trabajar con los datos de originales.

Tabla 5: Medidas de Pérdida de Información, Intervalos de confianza y *Ranking* (datos simulados)

$d(IC^k)$	Valor Medio	Intervalos de confianza al 95%		Ranking	Ranking datos originales
		Límite inferior	Límite superior		
$d(IC^4)$	0,00431	0,00430	0,00432	1	3
$d(IC^5)$	0,00444	0,00442	0,00445	2	2
$d(IC^2)$	0,00459	0,00458	0,0046	3	1
$d(IC^3)$	0,00532	0,00531	0,00533	4	5
$d(IC^1)$	0,00562	0,00561	0,00563	5	6
$d(IC^{15})$	0,00619	0,00617	0,0062	6	4
$d(IC^7)$	0,00734	0,00733	0,00735	7	7
$d(IC^{10})$	0,00737	0,00736	0,00739	8	10
$d(IC^{13})$	0,00805	0,00804	0,00806	9	9
$d(IC^{11})$	0,00823	0,00821	0,00824	10	8
$d(IC^{12})$	0,00850	0,00848	0,00851	11	12
$d(IC^{14})$	0,00862	0,00861	0,00864	12	13
$d(IC^9)$	0,00936	0,00934	0,00937	13	11
$d(IC^8)$	0,01037	0,01036	0,01038	14	14
$d(IC^6)$	0,01049	0,01048	0,01050	15	15

Analizando los intervalos de confianza, podemos concluir que las distribuciones de las medidas de pérdida de información registran muy poca variabilidad, reflejada en la pequeña amplitud de todos los intervalos. Por otra parte, el valor del límite superior del intervalo de

confianza para cada $d(IC^k)$ es menor al límite inferior del intervalo que lo sucede en el ranking. Por tales motivos podemos decir que los valores medios de $d(IC^k)$ podrían tomarse como referentes a los fines de valorar las bondades de los diferentes métodos de construcción de ICs, en términos de su capacidad de conservar la información contenida en sus datos originales.

Si comparamos el *ranking* obtenido para el conjunto de los países latinoamericanos con el resultante de realizar las simulaciones, podemos observar algunos cambios en las posiciones de las $d(IC^k)$ obtenidas por aplicación de los diferentes métodos. En el caso de los valores simulados, todos los métodos que emplean la distancia Ciudad muestran una mayor capacidad de conservación de información. Respecto a las otras dos métricas, los indicadores construidos con la Distancia de Tchebycheff alcanzan, en términos generales, mejores posiciones respecto a la conservación de información, salvo las combinaciones de Distancia Euclídea con Estandarización robusta y Fracción del rango que se ubican en las posiciones 7 y 8, respectivamente.

Teniendo en cuenta estos resultados, con el objetivo de reducir la pérdida de información desde la matriz de datos originales al indicador compuesto construido, sería recomendable utilizar la distancia ciudad como medida de proximidad, y Fracción del máximo, el procedimiento de normalización más conveniente. Sin embargo, la diferencia relativa entre los valores medios de la medida de pérdida de información obtenida por utilización de los procedimientos de Estandarización robusta y Fracción del rango, que le siguen en el ranking, del 3% y 6,5% respectivamente, no permitirían a nuestro criterio ser concluyentes en la elección de algunos de estos procedimientos de normalización.

4. CONCLUSIONES

A pesar de la amplia utilización de Métodos de Apoyo a la Decisión Multicriterio en la construcción de Indicadores Compuestos, quienes hacemos uso de los mismos enfrentamos el dilema de determinar qué método de agregación, ponderación o normalización (de corresponder) resulta más apropiado frente al problema estudiado.

En este sentido, la medida de Shannon – Spearman propuesta por los autores citados resulta una alternativa de comparación objetiva de los diferentes ICs construidos en términos de la pérdida de información que se produce de la matriz de datos de los subindicadores considerados, a la contenida en el Indicador Compuesto correspondiente. Consideramos que las modificaciones propuestas al cálculo de la misma aportan una opción igualmente útil. Su aplicación a la comparación de Indicadores de

Bienestar Social construidos a partir de diferentes procedimientos de normalización y cálculo de distancias empleando el método TOPSIS, permitió identificar la existencia de menor pérdida de información al emplear la distancia ciudad, no siendo tan clara la distinción en los casos de las distancias euclídea y de Tchebycheff. Esto parece indicar que la métrica empleada tendría mayor impacto en la conservación de la información, que los procedimientos de normalización de observaciones, si se trabaja con TOPSIS.

Si bien estamos satisfechos con los avances realizados, consideramos necesario ampliar nuestra investigación profundizando el análisis de las variaciones producidas en los Indicadores Compuestos por aplicación de diferentes procedimientos de normalización y cálculo de métricas como así también, indagar respecto de los efectos generados por los métodos de agregación y, especialmente, de ponderación, que como observaran Funes et al. (2013), tienen fuerte influencia en la medida de pérdida de información.

REFERENCIAS

- Diakoulaki, D., Mavrotas, G. and Papayannakis, L. (1995): *Determining Objective Weights in Multiple Criteria Problems: The CRITIC Method*, Computers Operations Research, 22, N° 7, 763-770.
- Efron, B. and Tibshirani, R. (1993): *An introduction to the Bootstrap*, Gran Bretaña: Chapman & Hall.
- Funes, M.; Racagni, J. y Guevel, H. (2013): *Comparación De Métodos De Agregación Y Ponderación En La Construcción De Un Indicador Del Desarrollo Humano De Países Latinoamericanos*. Anales del XII Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa – XX Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa. Buenos Aires.
- Hwang, C., Lai, Y.J. and Liu, T.Y. (1994). *TOPSIS for MODM*. European Journal of Operation Research, Vol. 76. pp 486-500.
- Kaufmann, D., Kraay, A. and Mastruzzi, M. (2006): *Governance Matters. V: Aggregate and Individual Governance Indicators for 1996-2005*. Banco Mundial.
<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/9276/wps4012.pdf?sequence=1>
- Disponible en web 01-12-2012
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo): *Informe sobre desarrollo humano 2007-2008*.
http://hdr.undp.org/en/media/HDR_20072008_SP_Complete.pdf
Disponible en web 01-12-2012

- Zeleny, M. (1982): *Multiple Criteria Decision Making*, New York: McGraw-Hill Book Company
- Zhou, P.; Ang, B. W. and Poh, K. L.; (2006): *Comparing Aggregating Methods for Constructing the Composite Environmental Index: An Objective Measure*, *Ecological Economics* 59, pp 305-311.
- Zhou, P. and Ang, B. W.; (2009): *Comparing MCDA Aggregation Methods in Constructing Composite Indicators Using the Shannon-Spearman Measure*, *Social Indicators Research* (2009) 94, pp 83-96.

ANEXO

Datos de los subindicadores de los ICs para los países Latinoamericanos

País	Estándar de Vida	Educación		Salud		
	PBI	TAA	TBM	EVN	TMI	GS
Argentina	14,280	97.2	89.7	74.3	15	1,274
Bolivia	2,819	86.7	86.0	63.9	52	186
Brasil	8,402	88.6	87.5	71.0	31	1,520
Chile	12,027	95.7	82.9	77.9	8	720
Colombia	7,304	92.8	75.1	71.7	17	570
Costa Rica	10,180	94.9	73.0	78.1	11	592
Cuba	6,000	99.8	87.6	77.2	6	229
República Dominicana	8,217	87.0	74.1	70.8	26	377
Ecuador	4,341	91.0	75.0	74.2	22	261
El Salvador	5,255	80.6	70.4	70.7	23	375
Guatemala	4,568	69.1	67.3	69.0	32	256
Haití	1,663	54.8	53.0	58.1	84	82
Honduras	3,430	80.0	71.2	68.6	31	197
Méjico	10,751	91.6	75.6	74.9	22	655
Nicaragua	3,674	76.7	70.6	70.8	30	231
Panamá	7,605	91.9	79.5	74.7	19	632
Paraguay	4,642	93.5	69.1	70.8	20	327
Perú	6,039	87.9	85.8	69.9	23	235
Uruguay	9,962	96.8	88.9	75.3	14	784

Venezuela	6,632	93.0	75.5	72.8	18	285
Máximo	14,280	99.8	89.7	78.1	84	1,520
Mínimo	1,663	54.8	53.0	58.1	6	82
Rango	12,617	45.0	36.7	20.0	78	1,438

País	Medio Ambiente	Tecnología		Políticas	
	ECO2	LTC	UI	EG	CR
Argentina	3.7	570	177	1.12139	1.11175
Bolivia	0.8	264	52	0.59139	1.22175
Brasil	1.8	462	195	1.30139	1.83175
Chile	3.9	649	172	2.65139	3.15175
Colombia	1.2	479	104	1.30139	1.80175
Costa Rica	1.5	254	254	1.69139	2.36175
Cuba	2.3	12	17	0.45139	0.00175
República Dominicana	2.2	407	169	0.98139	1.48175
Ecuador	2.2	472	47	0.38139	0.92175
El Salvador	0.9	350	93	1.09139	1.87175
Guatemala	1.0	358	79	0.69139	1.49175
Haití	0.2	48	70	0.00139	0.58175
Honduras	1.1	178	36	0.75139	1.31175
Méjico	4.2	460	181	1.38139	2.08175
Nicaragua	0.7	217	27	0.61139	1.44175
Panamá	1.8	418	64	1.50139	2.00175
Paraguay	0.7	320	34	0.56139	0.98175
Perú	1.1	200	164	0.79139	1.85175
Uruguay	1.6	333	193	1.92139	2.01175
Venezuela	6.6	470	125	0.56139	0.60175
Máximo	6.6	649	254	2.65139	3.15175
Mínimo	0.2	12	17	0.00139	0.00175
Rango	6.4	637	237	2.65000	3.15000

MODELOS MIXTOS PARA ANALIZAR LA RELACIÓN ENTRE CRECIMIENTO Y DEUDA EXTERNA PÚBLICA EN PAÍSES EN DESARROLLO EN EL PERÍODO 2000-2007

MARÍA INÉS STIMOLO

MARIANA FUNES

Palabras clave: Modelos mixtos, deuda pública externa, crecimiento, datos de panel.

1. INTRODUCCIÓN

El endeudamiento externo de los países en desarrollo en la década de 1970 fue consistente con la idea de que los flujos de capitales resultantes de la expansión del crédito estimularían el crecimiento a través del incremento de la capacidad productiva del país y que un mayor producto facilitaría el pago de los servicios de la deuda. Sin embargo, las sucesivas reprogramaciones de deuda que experimentaron muchos de estos países a principios de la década de 1980, evidenció la posibilidad de que el alto endeudamiento alcanzado por los mismos limitara su desarrollo económico.

Dijkstra (2008) sugiere que altos niveles de endeudamiento pueden desalentar el crecimiento a través de los efectos “liquidez” y “sobrendeudamiento”. En el primer caso, el pago del servicio de la deuda puede tener efectos negativos en el balance de pagos y en los niveles de gasto público, generando menor capacidad de importación y menores recursos del gobierno a destinar a infraestructura física y social, por ejemplo. En el segundo caso, altos niveles de deuda desalientan la inversión y la instrumentación de reformas estructurales y fiscales que afiancen el crecimiento económico y la situación fiscal, debido a que parte del rendimiento de invertir en la economía es gravado por los acreedores externos en forma de impuestos. Clements et al. (2005) menciona también, que en un entorno de incertidumbre sobre las medidas que adoptarían los gobiernos respecto del repago de sus deudas, los inversionistas privados tienden a asumir una actitud pasiva y, si deciden invertir, son propensos a optar por proyectos de rápido rendimiento y no por los que estimulan un crecimiento largo y sostenible.

Con el propósito de analizar empíricamente estas consideraciones teóricas, en este trabajo estudiamos la relación entre la deuda pública externa y el crecimiento de un conjunto de países en desarrollo empleando Modelos Lineales Mixtos. El panel incluye datos de 100 países en el período 2000 – 2007, relevados de las bases publicadas por el Banco Mundial (Indicadores de Desempeño Mundial y Cuestiones de Gobernabilidad) y del Fondo Monetario Internacional (Estadísticas Financieras Internacionales), e incluyen el crecimiento del PBI per cápita, el Stock de Deuda Pública y Públicamente Garantizada en relación tanto al PBI como a las Exportaciones, la relación Servicio de Deuda Externa Pública a Exportaciones, variables que usualmente determinan el crecimiento (inversión, capital humano, desempeño macroeconómico) y un conjunto de variables que buscan medir la calidad de la gobernabilidad de los distintos países.

Se hace constar que el texto sobre el cual se basa este capítulo ha sido presentado en carácter de trabajo corto en el X Congreso Latinoamericano de Sociedades de Estadística²³, realizado en Córdoba durante el año 2012. En esa oportunidad fue sometido a referato y aceptado por la comisión científica del evento.

En la próxima sección describimos la metodología empleada y en la sección 3, las variables y los modelos formulados. En la sección 4 presentamos los resultados obtenidos y en la sección 5, las consideraciones finales. También se incorporan tres Anexos con información adicional y relevante.

2. METODOLOGÍA

Las unidades de análisis (países) han sido medidas en distintas unidades de tiempo, presentando una estructura de correlación entre ellas, la cual puede modelarse utilizando un modelo lineal mixto con ordenada al origen aleatoria y pendiente aleatoria.

Una ordenada aleatoria, representa una ordenada al origen específica para cada unidad, que capta la heterogeneidad entre unidades de análisis. Y una pendiente aleatoria representa una relación distinta entre la variable respuesta y la variable explicativa para cada unidad de análisis. En términos generales, un modelo lineal mixto se presenta como:

$$\mathbf{y}_j = \mathbf{X}_j \boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_j \boldsymbol{\mu}_j + \boldsymbol{\varepsilon}_j, \boldsymbol{\mu}_j \sim N(0, G) \quad \boldsymbol{\varepsilon}_j \sim N(0, \boldsymbol{\Sigma}_j) \quad \text{Cov}(\boldsymbol{\mu}_j; \boldsymbol{\varepsilon}_j) = 0 \quad (1)$$

donde:

²³ Stimolo y Funes (2012). Análisis de la relación entre crecimiento y deuda externa pública en países en desarrollo utilizando modelos mixtos.

y_j es un vector respuesta n_j dimensional para j sujetos, $1 < j < N$.

X_j es una matriz de dimensión $(n_j \times p)$, con p efectos fijos

Z_j es de dimensión $(n_j \times q)$, con q efectos aleatorios.

β es un vector p – dimensional que contiene los efectos fijos.

μ_j es un vector q – dimensional que contiene los efectos aleatorios.

G es una matriz de covarianzas general de dimensión $(q \times q)$.

Σ_j es una matriz de covarianzas que depende de j dentro de n_j de dimensión $(n_j \times n_j)$.

Para determinar la significatividad de las componentes del modelo (parámetros de efecto fijos y parámetros de la varianza para los efectos aleatorios), se utilizó la prueba del cociente de máxima verosimilitud para modelos anidados, en los que el modelo propuesto (H_0) contiene más parámetros que el modelo con el cual se contrasta (H_1). Evaluando el logaritmo de la máxima verosimilitud (LR) para H_0 y H_1 , el test se define como: $L = -2\{\text{LR}(H_0) - \text{LR}(H_1)\}$ con distribución X^2_{df} (df es la diferencia entre el número de parámetros bajo H_0 y H_1). De esta manera, se define un modelo definitivo, cuyos parámetros son significativos.

3. VARIABLES Y MODELOS

Para investigar el impacto de la deuda pública externa en el crecimiento de los países en desarrollo en el período 2000 – 2007, se utilizaron modelos lineales mixtos, con funciones lineales en los parámetros, donde las variables independientes pueden considerarse como efectos fijos o aleatorios.

La variable dependiente es el Crecimiento del Producto Bruto Interno per cápita (cPBI). Respecto de las variables independientes, se formularon dos modelos que comparten el Servicio de Deuda Pública y Públicamente Garantizada en relación a las Exportaciones (LSDEPPGEx) y se diferencian en que el Modelo 1 incorpora el Stock de Deuda Externa Pública y Públicamente Garantizada en relación al PBI (LDEPPGPBI) y el Modelo 2, el Stock de Deuda Pública y Públicamente Garantizada en relación a las Exportaciones (LDEPPGEx).

En ambos modelos, se incluyeron además, las siguientes variables de control: PBI per cápita de Paridad de Poder Adquisitivo rezagado (LPBIpc), Tasa de Crecimiento de la población (cP), Formación Bruta de Capital Fijo en relación al PBI (LFBC), Tasa de Alfabetización de Adultos

(LTAA)²⁴, Inversión Extranjera Directa en relación al PBI (IED), Inflación, medida por medio del Deflactor de Precios Implícitos de PBI (DPBI), Balance Primario del Gobierno en relación al PBI (BPG), Saldo en Cuenta Corriente en relación al PBI (CCPBI) y un conjunto de indicadores construidos sobre la base de las percepciones de los residentes de un país, empresarios, expertos, inversores externos y la sociedad civil en general, que buscan captar las consecuencias de la buena gobernabilidad en el crecimiento: Estabilidad Política (EP), Efectividad Gubernamental (EG), Calidad Regulatoria (CR), Cumplimiento de la Ley (CL) y Control de la Corrupción (CC)²⁵.

El ratio de Deuda Pública Externa como porcentaje del PBI es un atributo que permite tener una referencia de los futuros flujos de pagos que los gobiernos deberán realizar a no residentes, en relación a la capacidad del país de generar los ingresos necesarios para cumplir con esos compromisos. Sin embargo, puede suceder que el ratio de Deuda Externa a PBI sea bajo (especialmente para países grandes y de economías relativamente cerradas), pero que exista una limitada capacidad para generar divisas a través de las transacciones en los mercados internacionales. Con el propósito de indagar los efectos de estos dos ratios en el crecimiento de los países es que se formularon estos modelos. En el Anexo II se incluyen las definiciones de las restantes variables.

4. RESULTADOS

En el panel de datos se incluyeron 100 países en desarrollo en el período 2000-2007, realizando un análisis en dos niveles.

Nivel 2 Países → 100 Países en desarrollo

Nivel 1 Mediciones Anuales → Mediciones años 2000 a 2007

Como cada país tiene varias mediciones, existe dentro de cada uno, una estructura de correlación que los identifica. Por tal motivo, en primer lugar se propone un modelo con ordenada al origen aleatoria, sin

²⁴ Las variables independientes y de control hasta aquí mencionadas fueron sometidas a una transformación no lineal, aplicando logaritmos, de manera de poder medir cambios relativos asociados a las mismas.

²⁵ Para mayores detalles consultar Cuestiones de Gobernabilidad (*Governance Matters*) Banco Mundial.

covariables, para medir si existe un efecto aleatorio dado por la estructura propia de cada país.

La ordenada al origen aleatoria (μ_j) resultó significativa, lo que implica que cada país tiene su propia recta estimada paralela a la recta promedio. La media total estimada del Crecimiento del Producto Bruto Interno per cápita es 3,91% y la media de cada país es la media total más el efecto aleatorio estimado $3,91 + \hat{\mu}_j$, por ejemplo para argentina es $3,91 + (-0,1904)$. En este modelo la variabilidad total se descompone en una varianza entre países (diferencia de la media de cada uno con la media total) $\sigma_u^2=8,33$ y una varianza dentro de cada país, basado en la diferencia de cada año con un promedio para ese país $\sigma_e^2=11,23$. Para cuantificar esta partición se utiliza el Coeficiente de correlación entre clases $ICC=8,33/(8,332+11,23)=0,43$, es decir que el 43% de la variabilidad es explicada por la diferencia entre países. En la Tabla 1 se presentan los resultados de un los modelos sin covariables, con y sin ordenada al origen aleatoria.

Tabla 1: Resultados de los modelos sin covariables

	β_0	σ_u^2	σ_e^2	Log verosimilitud
Modelo con ordenada aleatoria $cPBI_{ij} = \beta_0 + \mu_j + \varepsilon_{ij}$	3,91	8.33	11.23	-1759,50
Modelo sin ordenada aleatoria $cPBI_{ij} = \beta_0 + \varepsilon_{ij}$	3,94	4.37	-.	-1873,71
LR $\chi^2_{(1)} = 168.42$ valor P = 0.0000				

Determinada la ordenada al origen aleatoria, se ajustaron los Modelos 1 y 2 resultando, a partir del test de máxima verosimilitud, significativas las variables detalladas en la Tabla 2. La variable Saldo en Cuenta Corriente en relación al PBI (CCPBI) presenta una pendiente aleatoria, de esta manera se obtiene otra fuente de variabilidad entre países.

Tabla 2. Resultados de los modelos con covariables

Efectos fijos	Modelo 1 con DEPPGPBI	Modelo 2 con DEPPGEx
LDEPPGPBI	-0,629** (0,309)	
LDEPPGEx		-0,795*** (0,252)
LSDPPGEx	-0,978*** (0,236)	-0,695*** (0,235)
DPBI	-0,032** (0,014)	-0,029** (0,013)
CCPBI	0,074** (0,037)	0,071** (0,031)
BPG	0,073** (0,035)	0,082*** (0,031)
LFBC	5,35*** (0,806)	5,497*** (0,690)
LTAA	1,635* (0,871)	
_cons	-15,277 (4,752)	-7,873 (2,645)
Efectos aleatorios	Modelo 1 con DEPPGPBI	Modelo 2 con DEPPGEx
var(CCPBI)	0,034	0,028
var(_cons)	6,557	7,021
cov(CCPBI,_cons)	0,257	0,261
corr(CCPBI,_cons)	0,525	0,590
var(Residual)	7,560	7,846

En paréntesis se detalla el error estándar del coeficiente estimado:

* significatividad al 10%, ** significatividad al 5%, *** significatividad al 1%.

Resultados estimados con el paquete estadístico: Stata 11.0.

En el análisis de los supuestos del modelo, los residuos (diferencia entre el valor estimado y el valor real de la variable independiente) no presentan una distribución normal, debido a la presencia de observaciones atípicas. La falta de normalidad quita validez a las estimaciones y predicciones de los parámetros, razón por la cual se eliminaron estas observaciones y se analizaron nuevamente los modelos.

En la Tabla 3 se presentan los Modelos 1 y 2 ajustados sin observaciones atípicas, en los que se cumplen los supuestos²⁶, cuya expresión analítica es la siguiente:

Modelo 1 sin atípicos:

$$cPBI_{ij} = \beta_0 + \mu_j + \beta_1 LDEPPGPBI_{ij} + \beta_2 LSDPPGEx_{ij} + (\beta_3 + \mu_{1j}) CCPBI_{ij} + \beta_4 LFBC_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Modelo 2 sin atípicos:

$$cPBI_{ij} = \beta_0 + \mu_j + \beta_1 LDEPPGEx_{ij} + \beta_2 LSDPPGEx_{ij} + (\beta_3 + \mu_{1j}) CCPBI_{ij} + \beta_4 LFBC_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Tabla 3: Resultados de los modelos con covariables (sin atípicos)

Efectos fijos	Modelo 1 con DEPPGPBI	Modelo 2 con DEPPGEx
LDEPPGPBI	-0,696** (0,204)	
LDEPPGEx		-0,738*** (0,180)
LSDPPGEx	-0,792*** (0,162)	-0,730*** (0,160)
CCPBI	0,066** (0,037)	0,075*** (0,023)
LFBC	4,94*** (0,511)	5,06*** (0,498)
_cons	-7,36 (1,885)	-6889 (1,913)
Efectos aleatorios	Modelo 1 con DEPPGPBI	Modelo 2 con DEPPGEx
var(CCPBI)	0,026	0,028
var(_cons)	5.341	5,662
cov(CCPBI,_cons)	0.212	0,224
corr(CCPBI,_cons)	0,573	0,557
var(Residual)	2.828	2.472

²⁶ En el Anexo III se detallan las observaciones que fueron eliminadas del conjunto de datos y se presentan los gráficos de comparación de cuantiles para los residuos de los modelos con y sin datos atípicos.

En paréntesis se detalla el error estándar del coeficiente estimado: * significatividad al 10%, ** significatividad al 5%, *** significatividad al 1%. Resultados estimados con el paquete estadístico: Stata 11.0.

En los modelos presentados en la Tabla 3 resultaron significativos los ratios de Deuda (LDEPPGPBI en el Modelo 1 y LDEPPGEx en el Modelo 2), y el Servicio de la Deuda Pública a Exportaciones y con signo negativo, reflejando la existencia de los efectos de “sobreendeudamiento” y “liquidez” sobre el crecimiento económico que menciona Dijkstra (2008).

Del grupo de variables de control, resultaron significativas en ambos modelos el Saldo en Cuenta Corriente en relación al PBI y Formación Bruta de Capital Fijo en relación al PBI. Esta última registra el coeficiente con mayor peso, indicando la importancia que reviste en términos del crecimiento per cápita de los países el desarrollo de las obras de infraestructura y mejoras, la compra de maquinarias y equipo, entre otras.

Como se mencionara, los ratios de Deuda Pública y del Servicio de la misma resultaron con coeficientes negativos, reflejando una relación inversa entre éstos y el crecimiento económico. Los signos asociados a los coeficientes de las variables de control son consistentes con los presentados en la literatura sobre crecimiento (Pattillo et al. 2002).

La variabilidad total de los países ha sido explicada por la varianza entre países, una variabilidad intrínseca de cada país, y la variabilidad de la relación CCPBI ente los países, que indica un efecto del Saldo en Cuenta Corriente en relación al PBI propio de cada país que incide en forma diferente sobre el crecimiento. Es decir, en el período analizado, el desempeño de los países en el comercio internacional, resultó un factor que permitió distinguir a éstos en relación al crecimiento. Cabe mencionar que en ambos modelos covarianza es entre la ordenada específica de cada país y su CCPBI es positiva, lo que significa que países con relación CCPBI superior a la media tienden a tener mayor pendiente que la media.

5. CONSIDERACIONES FINALES

El impacto de la deuda externa en el crecimiento de los países ha captado el interés de tomadores de decisiones, instituciones de préstamo, organizaciones internacionales y el público en general. El propósito de este trabajo es contribuir al análisis de esta temática aportando evidencia empírica a partir de modelos lineales mixtos.

Esta metodología permitió describir la estructura de varianza del conjunto de países, identificando una variabilidad asociada a las

características propias de cada país (ordenada al origen aleatoria) y la variabilidad entre países asociada a la Relación Cuenta Corriente a PBI (pendiente aleatoria para CCPBI). Como así también, confirmar los efectos de “sobreendeudamiento” y “liquidez” sobre el crecimiento económico.

En virtud de que Clements et al. (2005) sugiere que existen disimilitudes asociadas al acceso a los mercados de capitales, a la estructura económica y al desarrollo del sector público, entre los países en desarrollo considerados emergentes y los de bajos ingresos, consideramos oportuno ampliar nuestro análisis. En tal sentido, es nuestra intención a futuro, formular estos modelos para cada uno de estos grupos de países y comparar los resultados obtenidos.

REFERENCIAS

- Charnes A., Cooper W., Lewin A. y Seiford L. (1997): *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application*. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, USA.
- Banco Mundial. Governance Matters: <http://worlbank.org/wbi/governance>.
- Banco Mundial. World Development Indicators: <https://publications.worldbank.org>.
- Clements, Benedict; Bhattacharya, Rina; Nguyen, Toan Quoc (2005): *¿Puede el alivio de la deuda estimular el crecimiento de los países pobres?* Serie: Temas de Economía 34. Fondo Monetario Internacional. Nueva York, EEUU.
- Dijkstra, Geske (2008): *The impact of International Debt Relief*. Routledge Studies in Development Economics. Routledge. EEUU y Canadá.
- Fondo Monetario Internacional. Estadísticas Financieras Internacionales: <http://elibraryata.imf.org/DataReport.aspx?c=1449311&d=33061&e>
- Pattillo, Catherine A., Poirson Ward, Helene and Ricci, Luca A. (2002): *External Debt and Growth*. IMF Working Paper 02/69 (April). Pp. 1-49. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=879569>
- Rabe-Hesketh S., Skrondal A. (2008): *Multilevel and longitudinal modeling using Stata*. Ed. Stata Press. EEUU.
- Stimolo, María Inés y Funes, Mariana (2012): *Análisis de la relación entre crecimiento y deuda externa pública en países en desarrollo utilizando modelos mixtos*. Anales del X Congreso Latinoamericano de Sociedades de Estadística. Córdoba, Argentina.
- Verbeke G. Molenberghs G. (2000): *Linear Mixed Models for Longitudinal Data*. Springer – Verlag New York, Ink. EEUU.

ANEXO I

Detalle de países incluidos en el análisis

Países			
Albania	Dominica	Malasia	San Vicente y las Granadinas
Angola	Etiopía	Maldivas	Ruanda
Argentina	Fiyi	Mali	Senegal
Armenia	Gambia	Mauricio	Seychelles
Azerbaiyán	Georgia	Méjico	Sierra Leona
Bangladesh	Ghana	Moldova	Sudáfrica
Belarús	Granada	Mongolia	Sudán
Belize	Guatemala	Marruecos	Suazilandia
Benín	Guinea	Mozambique	Tayikistán
Bolivia	Guyana	Nepal	Tanzania
Bosnia y Herzegovina	Haití	Nicaragua	Tailandia
Botsuana	Honduras	Nigeria	Togo
Brasil	India	Pakistán	Tonga
Bulgaria	Indonesia	Panamá	Túnez
Camboya	Islas Salomón	Papua Nueva	Turquía
Camerún	Jordán	Paraguay	Uganda
Chile	Kazajstán	Perú	Ucrania
China	Kenya	Filipinas	Uruguay
Colombia	Laos	Polonia	Vanuatu
Congo	Letonia	República Dominicana	Venezuela
Costa de Marfil	Lesoto	Rumania	Vietnám
Costa Rica	Líbano	Rusia	Yibuti
Ecuador	Lituania	República Kirguiza	
Egipto	Macedonia	San Cristóbal y Nieves	
El Salvador	Madagascar	Santa Lucía	

ANEXO II

Variables utilizadas en los modelos

Los datos fueron principalmente extraídos de las bases del Banco Mundial, Indicadores de Desempeño Mundial y Cuestiones de Gobernabilidad. Sin embargo, también empleamos información publicada por el Fondo Monetario Internacional en su base Estadísticas Financieras Internacionales y por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Crecimiento del Producto Bruto Interno per cápita (% anual)

El crecimiento porcentual anual del PIB per cápita se calcula sobre la base del Producto Bruto Interno (PBI) per cápita expresado en dólares estadounidenses a precios constantes del año 2005, dividido por la población a mitad de año. El PBI a precios de mercado es la suma del valor agregado bruto de todos los productores residentes en la economía más todo impuesto a los productos, menos todo subsidio no incluido en el valor de los productos, sin hacer deducciones por depreciaciones.

Servicio de Deuda Pública y Públicamente Garantizada en relación a las Exportaciones

El servicio de la deuda pública y públicamente garantizada es la suma de los reembolsos del principal y los intereses efectivamente pagados en divisas, bienes o servicios sobre las obligaciones a pagar a largo plazo de los deudores públicos y las obligaciones privadas a largo plazo, garantizada por una entidad pública. Las exportaciones se refieren a exportaciones de bienes, servicios e ingresos.

PBI per cápita de Paridad de Poder Adquisitivo

Es el valor de los bienes y servicios finales producidos en un país durante un período determinado expresados a valores corrientes en dólares internacionales (con tasas de paridad de poder adquisitivo), ajustado en términos de la población.

Tasa de crecimiento de la población (% anual)

Corresponde a la tasa exponencial de aumento de la población a mediados de año, contabilizado desde el año t-1 a t, expresado como porcentaje.

Formación Bruta de Capital Fijo en relación al PBI

La formación bruta de capital fijo incluye mejoras de la tierra (vallas, zanjas, desagües, etc), instalaciones, maquinaria y compra de equipos, y la construcción de carreteras, ferrocarriles, y similares, incluidas las escuelas, oficinas, hospitales, viviendas privadas y edificios residenciales, comerciales e industriales. Se divide por el PBI.

Tasa de Alfabetización de Adultos (%)

Corresponde al porcentaje de la población mayor de 15 años que es capaz de leer y escribir, con entendimiento, una proposición simple y breve sobre su vida diaria y que tiene la capacidad de hacer cálculos matemáticos sencillos. Para calcular este indicador se divide el número de personas alfabetizadas mayores de 15 años por la población del correspondiente grupo atareo y se multiplica por 100.

Inversión Extranjera Directa en relación al PBI

Constituye la entrada neta de de inversiones para obtener un control de gestión duradero (por lo general, un 10% o más de las acciones que confieren derecho a voto) de una empresa que funciona en un país que no es el del inversionista. Es la suma del capital accionario, la reinversión de las ganancias, otras formas de capital a largo plazo y capital a corto plazo, de los inversores externos de la economía declarante. Se divide por el PIB.

Inflación, medida por medio del Deflactor de Precios Implícitos de PBI

El deflactor implícito del PBI es el cociente entre el PBI en moneda local corriente y el PBI en moneda local constante.

Balance Primario del Gobierno en relación al PBI

El resultado primario del gobierno general está dado por la diferencia entre ingresos y egresos (sin incluir intereses) que surgen de los presupuestos consolidados de los gobiernos centrales, regionales y locales. Se divide por el PBI.

Saldo en Cuenta Corriente en relación al PBI

El saldo en cuenta corriente es la suma de las exportaciones de bienes, servicios, ingresos y transferencias corrientes, netas de importaciones. Se divide por el PBI.

Estabilidad Política

Este agregado combina diferentes indicadores que miden las percepciones de la probabilidad de que el gobierno en ejercicio sea desestabilizado o derrocado por medios violentos y/o inconstitucionales, incluyendo violencia política y terrorismo.

Efectividad Gubernamental

En este índice se combinan las percepciones de la calidad en la provisión de los servicios públicos y de la burocracia; la aptitud de los servidores públicos y su independencia a las presiones políticas; y la credibilidad de las promesas del gobierno.

Calidad Regulatoria

Este agregado mide la capacidad del gobierno de formular e implementar políticas profundas y regulaciones que permitan y promuevan el desarrollo del sector privado. Incluye medidas sobre la incidencia de políticas de mercado poco amigables como los controles de precios, la supervisión inadecuada de bancos, al igual que las percepciones sobre cargas impuestas por una regulación excesiva en áreas tales como comercio internacional y desarrollo de los negocios.

Cumplimiento de la Ley

Este agregado pretende medir el éxito de la sociedad en desarrollar un ambiente en el que la justicia y la previsibilidad de la ley formen las bases de la economía y las interacciones sociales. Incluye diversos indicadores que reflejan el grado en el que los agentes confían y observan las normas de la sociedad y, en particular, la ejecutabilidad de los contratos, la calidad de la policía y la justicia, así como la probabilidad del crimen y la violencia.

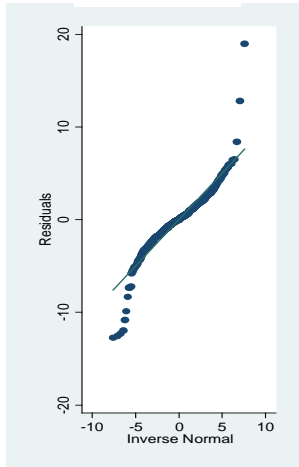
Control de la Corrupción

En este índice se combinan indicadores que buscan reflejar la existencia de casos de ejercicio de poder público para el beneficio propio.

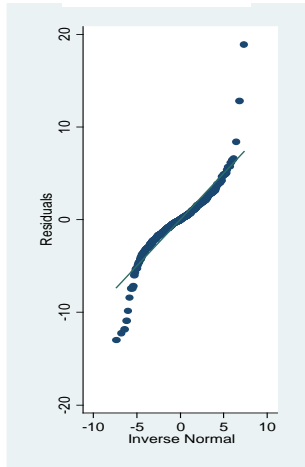
ANEXO III

Gráficos de comparación de cuantiles de normalidad

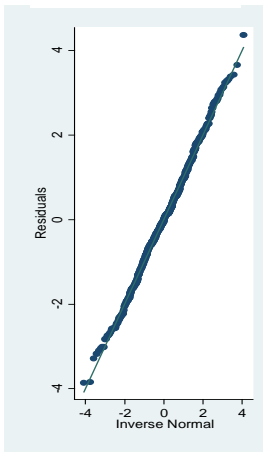
Modelo 1



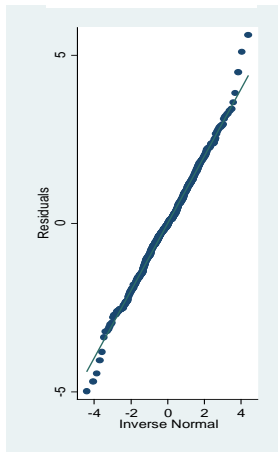
Modelo 2



**Modelo 1
(sin atípicos)**



**Modelo 2
(sin atípicos)**



Observaciones eliminadas

	Modelo I	Modelo II		Modelo I	Modelo II
Países	Año	Año	Países	Año	Año
Angola	2005	2005	República Kirguiza	2003	
Argentina		2000	República Kirguiza	2005	
Argentina	2002	2002	Lituania	2003	2003
Argentina	2003	2003	Madagascar	2002	2002
Argentina	2004	2004	Madagascar	2003	2003
Armenia		2002	Maldivas	2003	2003
Armenia	2003	2003	Maldivas	2004	2004
Azerbaiyán	2005	2005	Maldivas	2005	2005
Azerbaiyán	2006	2006	Mauricio	2000	2000
Belice	2000		Mongolia		2000
Botsuana	2005	2005	Mozambique	2000	2000
Camboya	2005	2005	Panamá	2000	2000
Congo, Rep.	2003	2003	Panamá	2007	2007
Congo, Rep.	2007	2007	Papúa Nueva Guinea	2000	2000
Dominica	2000		Paraguay	2000	2000
Dominica	2003		Ruanda	2002	2002
República Dominicana	2003	2003	Seychelles	2002	2002
República Dominicana	2005	2005	Sierra Leona	2002	2002
República Dominicana	2006	2006	Sierra Leona	2007	2007
Ecuador	2004	2004	Sudán	2000	2004
Etiopía	2002	2002	Islas Salomón	2003	
Etiopía	2003	2003	Islas Salomón	2000	
Etiopía	2004	2004	Sta. Lucia	2006	
Etiopía	2007	2007	San Vicente y las Granadinas	2004	
Gambia	2005	2005	Sudan	2004	
Georgia	2000	2000	Ucrania	2005	2004
Georgia	2003	2003	Ucrania	2002	2005
Granada	2000	2000	Uruguay	2005	2000
Granada	2004	2003	Uruguay	2002	2002
Granada	2005	2004	Uruguay		2005
Granada	2006	2005	Vanuatu	2002	2002
Granada		2006	Venezuela	2003	2002
Guyana	2005		Venezuela	2004	2003
Haití	2004	2004	Venezuela	2005	2004
República Kirguiza	2002		Venezuela		2005

PROYECCION DEL DÉBITO FISCAL IVA UTILIZANDO TECNICAS DE SIMULACION

JUAN PABLO LAMBERGHINI NICKLISON

VERÓNICA ANDREA REANO

Palabras Claves: Simulación - IVA (Impuesto al Valor Agregado),
Capital de trabajo - Flujo de efectivo libre.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene como objetivo proponer una herramienta basada en técnicas de simulación que facilite la proyección y el estudio del Impuesto al Valor Agregado, especialmente el componente Débito Fiscal, para anticiparse a situaciones futuras y poder definir cursos de acción frente a las diversas posiciones del impuesto, dentro de los márgenes de maniobra de las variables que participan en el modelo. Se considera que contar con una herramienta de estas características, facilitará la estimación del componente fiscal del flujo de efectivo libre y del capital de trabajo.

En esta primera etapa, se seleccionó la técnica de simulación como la herramienta apropiada para desarrollar un modelo que permita proyectar el componente Débito Fiscal IVA, de tal forma de lograr una mejor planificación, asignación y aplicación del flujo de efectivo libre y del capital de trabajo.

La simulación permite contar con un campo de pruebas, de manera de poder observar el sistema bajo estudio de una manera rápida y sencilla.

Analizar el sistema real a través de técnicas y modelos matemáticos de simulación posibilita aprender el comportamiento de las variables que intervienen y ensayar diferentes estrategias para mejorar, en definitiva, los resultados de la empresa.

Considerando que el trabajo que se presenta utiliza conceptos propios de la legislación y técnica fiscal se estima pertinente comenzar el trabajo con una recensión de los conceptos técnicos utilizados de tal forma de facilitar su comprensión e importancia.

Posteriormente se definen las variables y parámetros que intervienen en el análisis, se estructura y se desarrolla el modelo, se hacen las pruebas experimentales y finalmente se obtienen las conclusiones.

Se hace costar por otra parte, que el texto base ha sido presentado XXVI Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa (ENDIO) - XXIV Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa (EPIO), realizado en Córdoba Argentina, durante el año 2013. En esa oportunidad fue sometido a un proceso de referato y aceptado por parte de un Comité Científico y de un Cuerpo de Revisores conformado por importantes docentes investigadores del país y del exterior.

2. CONSIDERACIONES TEORICAS

El impuesto al valor agregado es un gravamen indirecto que se aplica sobre casi todos los bienes y servicios producidos o comercializados en el desarrollo de la actividad de una empresa o un profesional.

Es un impuesto indirecto porque la empresa que lo tributa no debe pagar la totalidad de él, sino sobre la ganancia bruta de cada operación. Quien debe pagar la totalidad del impuesto es el consumidor final; por lo que se dice que el IVA es un impuesto al consumo.

El IVA es un gravamen que se encuentra presente en casi todos los países del mundo y generalmente es utilizado por los gobiernos para alentar o desalentar el consumo de bienes y servicios. En Argentina lo encontramos normado por la Ley 23.349 con vigencia desde el 25 de agosto de 1986.

En la Ley y demás normativas se define:

- Ámbito de aplicación
- Sujeto
- Objeto
- Exenciones
- Nacimiento del hecho imponible
- Bases imponibles
- Alícuotas aplicables
- Forma de determinación, ingreso del impuesto, fecha de vencimiento para pagar el impuesto.
- Destino de los fondos recaudados.

Respecto a las alícuotas, es de interés mencionar que las vigentes son:

- General: 21%
- Reducida: 10,5%
- Agravada: 27%

De todos los impuestos vigentes, se decidió trabajar con IVA por ser el más popular y porque su efecto llega a la totalidad de las personas, sean estas físicas o jurídicas.

Tiene dos grandes componentes que se denominan: Débito Fiscal (DF) y Crédito Fiscal (CF). El IVA Débito Fiscal tiene su origen en cualquier proceso de venta que realice una persona, sin distinguir entre física o jurídica, con fines de lucro. En igual sentido, el IVA Crédito Fiscal tiene su origen en cualquier proceso de compra que realice esta misma persona.

Asimismo, la suma de los Débitos Fiscales generados durante un mes arroja una obligación de pago y la suma de los Créditos Fiscales accedidos durante el mismo mes generan un derecho, luego se realiza la suma algebraica de ambos conceptos y se determina una posición o saldo mensual, el cual podrá ser a favor del fisco cuando el $DF > CF$ o a favor del contribuyente si el $CF > DF$, el saldo mensual se conoce como Saldo Técnico que se deberá registrar como un Activo o un Pasivo Contable según corresponda. Es por ello que el IVA Débito Fiscal es un componente importante del flujo de caja o efectivo de libre disponibilidad y del capital de trabajo.

El flujo de efectivo es el estado de cuenta que refleja cuánto efectivo conserva la empresa después de los gastos, los intereses y el pago al capital. La expresión, que en el ámbito de la contabilidad se conoce como estado de flujo de efectivo, es un parámetro de tipo contable que ofrece información en relación a los movimientos de dinero o cualquiera de sus equivalentes en un determinado período de tiempo.

Cuando existe una posición deudora de impuestos, la empresa se encuentra con una posición favorable en el flujo de caja, porque se está financiado (al menos por un corto período de tiempo) con dinero del Estado; en contra posición cada vez que a una Compañía se le acumulen créditos fiscales, el flujo de caja se verá desmejorado, ya que será ésta quien esté financiando al Estado.

El flujo de caja o efectivo, que la empresa genere será el que se encargue de mantener o de incrementar el capital de trabajo.

La capacidad que tenga la empresa de generar efectivo con una menor inversión o una menor utilización de activos, tiene gran efecto en el capital de trabajo. Es el flujo de caja generado por la empresa el que

genera los recursos para operar la misma, para reponer los activos, para pagar la deuda (incluido los impuestos) y para distribuir utilidades a los socios.

Otro concepto es el capital de trabajo, que se corresponde con aquellos recursos que requiere la empresa para poder operar. En este sentido, el capital de trabajo es lo que comúnmente se conoce como Activo corriente (efectivo, inversiones a corto plazo, cartera e inventarios).

Los flujos de caja más el capital de trabajo generado por la empresa, constituyen una magnitud de creciente importancia en el mundo actual, superando incluso al beneficio contable como variable representativa del rendimiento empresarial. Todo ello permite evaluar la capacidad de la empresa de generar efectivo.

Para determinar el capital de trabajo de una forma más objetiva, se debe restar de los activos corrientes, los pasivos corrientes. De esta forma se obtiene lo que se llama el capital de trabajo neto contable. Esto supone determinar con cuántos recursos cuenta la empresa para operar si se pagan todos los pasivos a corto plazo.

Por otra parte, el capital de trabajo neto operativo comprende un concepto mucho más profundo que el concepto contable de capital de trabajo, y en este, se considera única y exclusivamente los activos que directamente intervienen en la generación de recursos, menos las cuentas por pagar. Para esto se excluyen las partidas de efectivo e inversiones a corto plazo.

Por consiguiente, el capital de trabajo neto operativo, es la suma de inventarios y carteras, menos las cuentas por pagar.

La administración eficaz y eficiente de estos tres elementos, es lo que asegura la sustentabilidad del capital de trabajo.

Debe haber concordancia entre las políticas de cartera y cuentas por pagar. No es recomendable por ejemplo, que las cuentas por pagar se pacten a 60 días y la cartera a 90 días. Esto genera un desequilibrio en el capital de trabajo de 30 días. La empresa tendrá que financiar con capital de trabajo extra esos 30 días. En igual sentido, no es recomendable la acumulación permanente de IVA Crédito Fiscal, ello produce un desfase entre los derechos fiscales adquiridos y las obligaciones impositivas a pagar, lo cual deberá ser compensado con recursos extras de la empresa.

Cualquier política que afecte el capital de trabajo, conlleva a que ese capital afectado deba financiarse o reponerse, lo que solo es posible hacerlo de tres formas:

- Ser generado por la misma empresa;
- Financiado por los socios; o
- Financiado por terceros.

Lo ideal es que la empresa esté en condiciones de generar los suficientes recursos para cubrir todos estos eventos relacionados con el mantenimiento y crecimiento del trabajo. Pero se debe tener presente que muchas veces, con solo administrar eficazmente los elementos que intervienen en el capital de trabajo es suficiente.

Como se puede observar, el concepto de capital de trabajo es mucho más que un conjunto de recursos a disposición de la empresa; es además, la manera como se debe administrar ese conjunto de recursos y elementos participantes en la generación del mismo.

Una eficiente generación de recursos garantiza la solvencia de la Compañía para poder asumir los compromisos actuales y proyectar futuras inversiones sin necesidad de recurrir a financiamiento de los socios o de terceros.

En este caso particular la herramienta diseñada, es de aplicación para empresas comerciales y de servicios que tengan como actividad principal la venta de productos masivos en general a consumidores finales y como actividad secundaria el alquiler de locales comerciales. Se trata de compañías con grandes superficies, reconocidas comúnmente como hipermercados o *retailers*.

En estas grandes superficies, los clientes pueden comprar distintos tipos de bienes que se encuentran gravados con el IVA a la alícuota general o reducida, según haya sido la intención del gobierno de alentar, facilitar, promocionar o desalentar el consumo de dichos bienes. También se encuentran bienes que además del impuesto al valor agregado están alcanzados por otro impuesto al consumo que es impuestos interno. Los alquileres están gravados al 21%.

3. EL PROBLEMA

En la actualidad, el componente Débito Fiscal IVA, para un mes cualquiera futuro, se determina en función del conocimiento del experto en materia fiscal y de las posiciones de impuestos determinadas para los meses anteriores. En ocasiones, esto puede o no contar con un nivel de acierto aceptable, pero de ninguna manera con el sustento científico que le otorgue la robustez necesaria de un proceso de decisión objetivo, eficiente y eficaz. Esto termina erosionando la gestión eficiente del flujo de efectivo y del capital de trabajo.

Dentro de este marco se adhiere a desarrollar una herramienta basada en técnicas y modelos de simulación que facilite estudiar y

estimar el componente Débito Fiscal del IVA, para así dotar de rigor científico los procesos decisionales de la alta gerencia.

4. APLICACIÓN

Se considera importante dejar constancia que la metodología elegida, en esta etapa inicial de la investigación, se fundamenta en modelos de simulación, los cuales facilitan el abordaje de modelos con variables cualitativas, y con relaciones y funciones no expresadas analíticamente.

El concepto de simulación adoptado en este trabajo, es el descrito en los estudios de Robert E. Shannon (1975) quien define a la simulación como: "...el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias con él, con la finalidad de aprender el comportamiento del sistema o evaluar diversas estrategias para el funcionamiento del sistema."

El modelo está formado por las expresiones matemáticas y las relaciones lógicas entre los componentes fundamentales del sistema que permiten estudiar el valor de las salidas de interés dadas las entradas controlables del mismo.

El objetivo del proceso de simulación es la ejecución del modelo a través del tiempo para generar mediciones de determinados valores de eficiencia del sistema.

Para una mejor comprensión del método, a continuación se detallan los pasos aplicados:

Paso 1: Definición del sistema:

La herramienta que se desarrolla es de aplicación para empresas comerciales, caracterizadas como hipermercados. En este tipo de compañías se venden un gran surtido de bienes perecederos y no perecederos, de consumo frecuente por las familias.

A partir de las observaciones realizadas se trabaja con variables de distribución de probabilidad discreta y se utiliza el método de Monte Carlo para simular el comportamiento de las mismas.

Esta técnica consiste en la generación de observaciones aleatorias a partir de una determinada distribución de probabilidad, obteniendo la muestra que se utiliza para la construcción del modelo.

Paso 2: Formulación del modelo:

Como cuestión preliminar, se supone que el único dato que se dispone al momento de estimar el IVA Débito Fiscal es la venta neta total

proyectada, para un período de tiempo cualquiera (podría ser un día, un mes, un año, etc.).

A continuación, para estimar el IVA Débito Fiscal se parte de la citada venta informada desde la Compañía, se identifica que proporción de dicha venta se encuentra alcanzada a cada alícuota de IVA vigente, se aplica la alícuota, se obtiene el impuesto estimado y por último se suma cada uno de los impuestos obtenidos, para así determinar el componente Débito Fiscal del IVA, para una venta neta cualquiera.

Se identifica como variable del modelo a simular a la proporción de ventas netas gravadas (a las distintas alícuotas), exentas o con impuestos internos sobre el total de ventas.

Se describe el modelo de la siguiente manera:

$$BI_i = V * X_i \quad (1)$$

En dónde:

V : Ventas netas totales.

X_i : Proporción de ventas netas i sobre el total de ventas;
 $i = 1, 2, 3, 4$.

BI_i : Ventas netas gravadas i ; $i = 1, 2, 3, 4$.

Como se puede observar en (1), primero se determina cuánto de la venta total estará gravada (según cada alícuota de IVA vigente), cuánto estará exenta y cuánto será atribuible a impuestos internos. Esto no resulta caprichoso, se recuerda que el único dato que se dispondrá es la venta neta total, por consiguiente es necesario contar con un mecanismo de atribución de dicha venta.

Luego se determina el Débito Fiscal (DF) como a continuación se describe:

$$DF = \sum_{\substack{1 \leq i \leq n \\ 1 \leq j \leq m}} BI_i * a_j \quad (2)$$

a_j : Alícuota j de IVA Débito Fiscal aplicable; $j = 1, 2, 3$.

• **Definición de Variables:** se definen cuatro variables:

X_1 : Proporción de ventas gravadas en IVA a la alícuota del 21%.

X_2 : Proporción de ventas gravadas en IVA a la alícuota del 10,5%.

X_3 : Proporción de ventas exentas en IVA.

X_4 : Proporción de ventas con impuestos internos.

• **Definición de Parámetros:** Se consideran como parámetros las alícuotas de IVA aplicables, ya que en la medida que la legislación vigente no se modifique, las alícuotas de IVA Débito Fiscal se comportan como un dato fijo, provisto por el sistema. Así de esta forma encontramos los siguientes parámetros:

a_1 : Alícuota de IVA Débito Fiscal de productos gravados al 21%²⁷.

a_2 : Alícuota de IVA Débito Fiscal de productos gravados al 10,5%²⁸.

a_3 : Alícuota de IVA Débito Fiscal de productos gravados al 27%²⁹.

Entonces, a partir de los conceptos señalados más arriba, se propone simular el comportamiento de las variables X_i . Para luego a partir de ellas, poder simular el componente Débito Fiscal, otorgando de certeza y rigurosidad a la estimación realizada.

Paso 3: Recolección de datos e implementación del modelo.

Para comprender el comportamiento de las variables se recolectaron las ventas netas totales mensuales correspondiente a un hipermercado perteneciente a capitales franceses, con sede central en la Ciudad de Córdoba. La Compañía dispone de 15 sucursales en Argentina y tiene presencia en 9 provincias. Y si bien no ocupa los primeros puestos, en lo que respecta a *market share*³⁰, volumen y facturación, si se puede afirmar de acuerdo a las entrevistas realizadas con personal de la Compañía y con diversos medios especializados, que los datos proporcionados son lo suficientemente representativos de la industria en donde opera.

Se obtuvieron los datos comprendidos entre los años 2003 y 2012, llegando a un total de 120 observaciones para cada una de las variables definidas.

Como un paso previo y para simplificar la construcción del modelo, se estableció en 3 (tres) la cantidad de decimales utilizados en los cálculos realizados.

A los efectos de respetar la confidencialidad requerida por la firma que proporcionó los datos, se calculó el valor de cada una de las variables, de la forma indicada en el paso 2. Para la variable X_1 se

²⁷ Ley 23.349 y sus modificatorias. Artículo: 28.

²⁸ Ley 23.349 y sus modificatorias. Artículo: 28.

²⁹ Ley 23.349 y sus modificatorias. Artículo: 28.

³⁰ Participación que una Compañía tiene del mercado en comparación con su competencia.

determinó que podía asumir 46 valores diferentes; para X_2 40; para X_3 26 y para X_4 17 valores.

En la tabla siguiente se exponen los valores posibles que pueden asumir cada una de las variables.

Tabla 1. Valores posibles de las variables

X_1	X_2	X_3	X_4
0,845	0,081	0,004	0,002
0,846	0,082	0,006	0,003
0,850	0,083	0,007	0,004
0,851	0,084	0,008	0,005
0,852	0,086	0,009	0,006
0,853	0,087	0,010	0,007
0,854	0,088	0,011	0,008
0,856	0,090	0,012	0,009
0,857	0,092	0,013	0,010
0,858	0,093	0,014	0,011
0,860	0,094	0,015	0,012
0,861	0,095	0,016	0,013
0,862	0,096	0,017	0,014
0,863	0,097	0,018	0,015
0,864	0,098	0,019	0,016
0,866	0,099	0,020	0,019
0,867	0,100	0,021	0,020
0,868	0,101	0,022	
0,869	0,102	0,024	
0,870	0,103	0,027	
0,872	0,104	0,028	
0,873	0,105	0,030	
0,874	0,106	0,031	
0,875	0,107	0,037	

0,876	0,108	0,039	
0,877	0,109	0,054	
0,878	0,110		
0,879	0,111		
0,880	0,113		
0,881	0,114		
0,882	0,115		
0,883	0,116		
0,884	0,117		
0,885	0,119		
0,886	0,120		
0,887	0,121		
0,888	0,122		
0,889	0,123		
0,891	0,127		
0,892	0,129		
0,893			
0,894			
0,895			
0,896			
0,898			
0,900			

Para cada variable identificada, se calculó la probabilidad de ocurrencia que tenía cada uno de los valores presentados sobre el total de observaciones $p(X)$, esto permitió determinar que las variables del problema presentan una distribución de probabilidad discreta. Una vez obtenida $p(X)$, se calculó la probabilidad acumulada $P(X)$ para cada una de las variables.

Continuando con la construcción de la herramienta, se utilizó el método Monte Carlo, para simular el comportamiento de las variables, se

construyeron diferentes muestras con distinto tamaño de corridas, simulando el comportamiento de las variables.

Luego se calculo la media aritmética y desviación estándar para cada una de las corridas realizadas y para las observaciones que se obtuvieron de los datos proporcionados por la empresa. Se compararon los parámetros obtenidos, y por último se obtuvieron las conclusiones respecto a la representatividad de la muestra y los parámetros estadísticos de las mismas.

Se pudo generar los datos deseables y realizar análisis del tipo ¿qué pasa si...? y mediante la interpretación de los resultados obtenidos, sugerir acciones correctivas y medidas de intervención en caso de ser necesario.

Las corridas realizadas, permitieron determinar el valor promedio estimado para cada una de las variables que intervienen en el modelo. Luego ese valor promedio estimado se utilizó para calcular la proporción de ventas netas gravadas a cada una de las alícuotas, exentas y con impuestos internos sobre el total de ventas.

En instancia posterior, se aplicó la fórmula (2) y así se estimó el importe de IVA componente Débito Fiscal para una venta cualquiera.

Paso 4: Validación, experimentación e interpretación del modelo simulado.

Un aspecto importante de toda simulación son la “verificación” (proceso de determinación que el procedimiento que subyace los cálculos de simulación es lógicamente correcto) y “validación” (proceso de verificar que el modelo de simulación provee una adecuada representación del sistema real), que el analista siempre debe considerar.

Para validar el modelo y poder obtener conclusiones respecto a la población bajo análisis, se validó la muestra con que se trabaja, para ello se calcularon y compararon los parámetros (μ, σ) de ésta con los de la población citada se construyeron los intervalos con distintos niveles de confianza de la forma $\mu \pm z * \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$ para garantizar que el valor de la media este contenida en dichos intervalos. La muestra carecería de representatividad, si existe un desvío relevante con respecto a la media (μ) de la población.

Para verificar el modelo se recalculo el componente Débito Fiscal IVA correspondiente a algunos de los períodos fiscales utilizados como base para obtener las observaciones.

Con la información de las ventas netas totales disponibles, se aplicaron las formulas (1) y (2) y luego se simuló el Débito Fiscal que

hubiera sido estimado con la herramienta diseñada, para dicho período fiscal.

A posterior, se comparo el valor del IVA Débito Fiscal real obtenido para el mes bajo estudio con el recalculado mediante la herramienta diseñada, y se determinan los desvíos.

Para asegurar la confidencialidad de la información aportada por la empresa, los desvíos calculados se presentaron en términos de la siguiente tasa: Débito Fiscal estimado/Débito Fiscal Real.

El valor que puede asumir la tasa es mayor, menor o igual a uno (1). Si es >1 , significa que el DF estimado es mayor al real, por el contrario si el valor es <1 , significa que el DF estimado es menor al real y si es igual a 1, entonces el importe estimados de DF coincide plenamente con el real.

Mientras más alejado sea el valor de la tasa, ya sea en más o en menos, de la unidad, más diferencia hubiese existido entre el valor de IVA DF estimado y el real.

En la siguiente tabla se exponen en términos de tasa los desvíos que se presentaron:

Tabla 2. Desvíos en términos de tasas

Mes/Año	Tasa DF Estimado/DF Real	% Desvío DF Estimado/DF Real
Feb-03	1,055	5,500%
Oct-03	1,002	0,200%
Abr-04	1,028	2,800%
Jul-04	1,006	0,600%
Mar-05	1,015	1,500%
Nov-05	1,010	1,000%
Ene-06	1,003	0,300%
Ago-06	1,010	1,000%
May-07	1,005	0,500%
Sep-07	1,003	0,300%
Jun-08	1,004	0,400%
Ago-08	0,996	-0,400%
Abr-09	0,993	-0,700%
Oct-09	0,989	-1,100%
Feb-10	0,993	-0,700%
Dic-10	0,985	-1,500%
Mar-11	0,997	-0,300%
Ago-11	0,992	-0,800%

May-12	1,005	0,500%
Nov-12	0,984	-1,600%
Promedio	1,004	0,375%

Se puede afirmar que la herramienta diseñada, permite estimar el componente Débito Fiscal del IVA, con alto nivel de certeza, ya que la tasa promedio calculada tiene un desvío menor al 0,375%. Estimación que estará dotada de rigor científico.

5. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se destacan los siguientes aspectos:

- Se construyó un modelo de simulación que permitió la estimación del Débito Fiscal IVA.
- Se realizó un análisis del sistema real lo que permitió comprender como funciona dicho sistema y así poder anticiparse a situaciones futuras y definir distintos cursos de acción frente a diversas posiciones del impuesto.
- Se conoció el comportamiento de las variables que intervienen en el sistema. Esto permitirá ensayar diferentes estrategias para mejorar los resultados de la empresa.
- Se analizaron los cambios que se producirían en el sistema ante variaciones de las variables intervinientes lo que mediante la interpretación de los resultados obtenidos permitiría sugerir acciones correctivas y medidas de intervención en caso de ser necesario.
- El valor promedio de las variables definidas es para: $x_1= 0,877$; $x_2= 0,103$; $x_3= 0,014$; y $x_4= 0,007$.
- Se determinaron niveles de confianza para el valor promedio de las variables del 95%.
- La constatación de las hipótesis del modelo con la realidad arroja una tasa promedio del 1.004.

Por otra parte y como se dijo anteriormente, este trabajo corresponde a la etapa inicial del diseño de una herramienta completa que permitirá estimar el Saldo Técnico del impuesto al valor agregado. Es nuestra intención avanzar en el desarrollo de esta herramienta, de tal forma que sea integral y eficaz, dotada del suficiente rigor científico.

REFERENCIAS

- Decreto 692 (1998) y sus modificaciones, Impuesto Al Valor Agregado, Reglamentación.
- Ley 23.349 (1986) y sus modificaciones, Ley de impuesto al valor agregado.
- Shannon, R. E. (1975): La Simulación De Los Sistemas: El Arte y la Ciencia, Prentice-Hall.
- Sotero, A. (2012): Tutorial 05, FnF Necesidades Operativas De Fondos, Finanzas Para No Financieros, Centro de Estudios Financieros, Universidad a Distancia de Madrid, Versión obtenida el 17/01/2013.
- Sotero, A. (2012): Tutorial 05 FnF El Balance Financiero, Finanzas Para No Financieros, Centro de Estudios Financieros, Universidad a Distancia de Madrid, Versión obtenida el 17/01/2013.

RECURSOS Y TECNOLOGÍA DIDÁCTICA: ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN

MARÍA PAULA FUNES ÁLVAREZ

SABRINA AMATEIS

Palabras Clave: Interfaz digital - Apoyo visual – Imagen - Protagonista.

1. INTRODUCCIÓN

La educación es un fenómeno por el cual se transmiten aquellos saberes considerados socialmente valiosos a los nuevos miembros de esa sociedad, que aún no los han obtenido. Ésta es una práctica social que posibilita la conservación de saberes a través del tiempo.

El problema al que se enfrentan las instituciones educativas hoy, es que éstas son Modernas, pero sus aulas albergan a alumnos Post-Modernos. Se ampliará sobre este aspecto posteriormente.

De la bibliografía e información consultada se ha seleccionado como antecedente y punto de referencia el trabajo realizado por el Dr. Roberto Rosler³¹ ya que sus aportes permiten comprender no sólo que la complejidad de lo humano no puede ni debe entenderse sólo como la interacción de las moléculas y neuronas (y, por ende, encontrar respuestas en la neurobiología de la afectividad que analiza los circuitos del sistema nervioso para explicar emociones como la agresividad, la tristeza o el miedo), sino que también explicitan la necesidad de atenuar la diferencia generacional entre docentes y alumnos y, de este modo, lograr que el mensaje transmitido en el aula se integre a un aprendizaje significativo: es decir, que se transforme en un conocimiento activo y no en una simple acumulación de saberes.

Se hace costar por otra parte, que el texto base ha sido presentado XXVI Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa (ENDIO) - XXIV Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa (EPIO), realizado en Córdoba Argentina, durante el año 2013. En esa oportunidad fue sometido a un proceso de referato y aceptado por parte de un Comité Científico y de un Cuerpo de

³¹ En el Anexo 1 se detallan datos y aportes relevantes.

Revisores conformado por importantes docentes investigadores del país y del exterior.

2. EL PRESENTE Y SUS CARACTERÍSTICAS

Para poder restaurar hoy la fisura que se ha producido en la comunicación docente-alumno con miras al futuro, es necesario reconocer y ubicar a cada uno de estos actores en su contexto cultural. Moreneo et al (2005) señala que uno de los mayores problemas que se presenta en las aulas en la actualidad es la relación dicotómica entre cultura impresa y cultura digital.

2.1. Cultura Impresa

Quienes adscriben a ella, conciben al conocimiento como una posesión factible de ser transportada: la memoria funciona como una biblioteca móvil lista para ser usada y actualizada cuando se la necesite. El lenguaje dominante es verbal y el resultado es una “mente letrada”. El papel es su principal compañero. La mayoría concibe al estudio como una actividad unidimensional y excluyente, no compatible con otras.

2.2. Cultura Digital

Son los denominados “nativos tecnológicos” y están habituados al uso continuo de los dispositivos de comunicación. Estos dispositivos se constituyen en herramientas del pensamiento y la pantalla es su principal aliado.

Son “hijos de la era electrónica” y, por ello, están mucho más estimulados que cualquier generación previa. Esta sobreestimulación se debe especialmente a la omnipresencia de los medios de comunicación y a la consecuente accesibilidad a la información. Pueden mantener la atención sobre distintos focos de información simultáneamente (pantallas, apuntes, etc.) y realizar otras tareas durante el estudio (escuchar música, responder mails, etc.)

3. OBJETIVO

La finalidad que se persigue es reducir la brecha entre ambas culturas, brindando herramientas al docente para que éste se familiarice e incorpore adecuadamente nuevas estrategias pedagógicas que le permitan transmitir el contenido a enseñar con el apoyo de una interfaz digital. Dicha interfaz es entendida siempre como un medio facilitador de la transmisión del mensaje y no como un reemplazo del docente-orador.

Las ideas de “nativo digital” e “inmigrante digital” encaminan a redescubrir el aula y las nuevas relaciones para lograr modernizar la clase y captar la atención de estos nuevos estudiantes durante los

noventa minutos de clase. La tecnología puede ser una gran ayuda para acercarnos.

4. DESARROLLO

Ante este nuevo panorama áulico, adaptar el material al lenguaje de los nativos digitales puede ser la solución.

Cómo deben usarse los apoyos visuales en una presentación, es la pregunta que debería hacerse cada orador antes de prepararla.

En la actualidad, es altamente recomendable el uso de una interfaz digital que sirva de soporte para una presentación, ya que no sólo la hace más atractiva, sino que también ayuda a entender más y mejor los puntos expuestos. Lo importante es no abusar de los medios electrónicos y usarlos “porque sí”.

Si consideramos al orador como protagonista de la presentación, hay que destacar que no muchos saben cómo expresar sus ideas, lo que nos deriva a la importancia de conocer las técnicas de una correcta presentación.

La palabra, cada día más descuidada, es el medio de comunicación por excelencia y, por ello, hay que cuidar la manera de expresarse: ella es nuestra “carta de presentación”. Una buena comunicación es indispensable para lograr un funcionamiento correcto y dinámico del aula.

Sobre la base de estas premisas, se brindará a continuación algunas recomendaciones a estimar al momento de preparar una presentación.

Es necesario resaltar que conocer un tema a fondo no significa necesariamente conseguir una buena presentación, también hay que ser capaz de sintetizarlo.

a. Eficacia

Es la capacidad de lograr el efecto que se desea o espera. En este contexto, la recomendación es no introducir ni demasiada ni escasa información. Pero, ¿qué es mucho o poco? para determinarlo, se debe conocer de lo que se habla y establecer previa y claramente los objetivos e ideas a respaldar con hechos o información. Se recomienda la incorporación de conceptos breves y dinámicos: siempre la imagen o frase más sencilla resulta ser la mejor.

b. Lecturabilidad

Es la facilidad que ofrecen los escritos para ser comprendidos. La incorporación de conceptos, preferentemente breves, deberá ser gradual y dinámica.

c. Legibilidad

Es la forma de presentar los textos para conseguir una lectura fácil. Una buena diapositiva debe ser leída en seis segundos y, así, mantener el hilo conductor de la temática. Se recomienda el uso de las letras sin curvas (como la fuente arial), de gran tamaño y los fondos oscuros con letras claras, ya que esta combinación resulta idónea para lograr una lectura ágil. Se puede utilizar la recomendación de Windows: fondo azul oscuro, títulos en amarillo y textos en blanco.

Lectorabilidad y legibilidad son dos términos próximos que a veces se utilizan indistintamente, sin embargo, hacen referencia a dos conceptos distintos. Un texto puede tener un alto grado de lectorabilidad pero resultar ilegible debido, por ejemplo, al tipo de letra empleado y/o al color elegido para el fondo.

d. Notabilidad

Al incorporar apoyos visuales, se recomienda siempre atenuar la luz para lograr una mejor apreciación de la proyección, pero sin desviar la atención del docente –orador. De esta forma, se logrará tanto captar la atención del alumnado como una transmisión eficiente del contenido a enseñar. Se busca concluir la clase con el convencimiento de haber logrado transmitir el mensaje con total claridad, sin dejar dudas en el auditorio.

e. Discriminabilidad

En la actualidad, la informática brinda cuantiosas herramientas que nos permiten diferenciar grados en las ideas presentadas en el apoyo audio visual y, permiten, por ejemplo, la separación entre ideas primarias y secundarias; efectuar contrastes; exponer conclusiones. El uso de estas herramientas reemplaza y vuelve prescindible el uso del puntero láser.

f. Compatibilidad

Las imágenes incorporadas deben ser compatibles y pertinentes respecto al significado del contenido que se pretende enseñar; es decir, que tanto las imágenes como las frases incluidas deben cumplir con el objetivo pedagógico. Ahora es cuando empieza la búsqueda del equilibrio entre lo bello y lo didáctico.

g. Anticipación

La preparación aumenta el grado de autocontrol; el manejo del tono de voz y de los silencios, ambos deben ser utilizados para resaltar los contenidos importantes. Hay que evitar el uso de las muletillas y

escucharse. El lenguaje corporal tiene que ser correcto: hay que cuidar la postura y evitar dar la espalda a la clase. Además, se debe conocer el lugar donde se va a trabajar, para estar en una zona cómoda que facilite la comunicación. Conocer los tiempos de la presentación y quiénes están presentes también hace al control. Si alguien solicita más información o no entendió algún punto, se debe intentar resolverlo de manera personal y no demorar a los demás: el tiempo es el bien más valioso.

h. Selección de Contenidos

Los docentes, como explican Gvirtz y Palamidessi (2002), trabajan con un Currículum Prescripto y es por ello que, al planificar el dictado de sus materias, deben elegir entre la cantidad de contenidos del currículum a desarrollar y la profundidad con la que se abordará cada uno de ellos. Esta disyuntiva suele presentarse al momento de armar una presentación audio visual. Sin embargo, no se debe olvidar que es el docente quien adiciona el valor a la clase, será él quien realice el andamiaje apoyándose e interpretando las diapositivas.

i. Conocimientos Previos

Al planificar una clase, más allá de los objetivos plasmados en el currículum, el docente busca “llegar” al alumno para que éste pueda comprender, retener y utilizar activamente el conocimiento impartido. Lo ya conocido por el auditorio se transformará en el punto de partida y, en base a ello, se establecerán las relaciones sustantivas para incorporar el nuevo conocimiento. En síntesis, se debe realizar una planificación que tenga por base los conocimientos previos del auditorio.

5. RECOMENDACIONES

- Usar fuentes sin curva y del mayor tamaño posible para las letras.
- Fondo de la presentación oscuro con letras claras.
- Atenuar la luz.
- Escribir ideas y “conceptos potentes” que promuevan la retención y, de ser posible, usar imágenes.
- Seleccionar imágenes pertinentes.
- Utilizar la cantidad mínima de diapositivas posible. (Vivek V. y Carranza C. 2012)
- Segmentar la presentación.
- Verificar ortografía y coherencia.
- Incorporar una diapositiva que invite al debate y a realizar preguntas. (Vivek V. y Carranza C. 2012)

➤ Finalmente, incluir una diapositiva de agradecimiento. (Vivek V. y Carranza C. 2012)

6. APLICACIÓN

Para realizar esta aplicación se ha tomado como parte del marco conceptual algunos lineamientos de Ramiro Carrales. Dichos lineamientos desarrollan explícitamente lo que el docente podría decir y con qué apoyo audio visual respaldarse. A continuación, se mostrará una posibilidad de relación entre discurso y diapositiva:

6.1. -: “El estudio de la toma de decisiones encuentra sus huellas en muy variadas disciplinas como la matemática, la sociología, la economía, la psicología, entre otras. La toma de decisiones es una antigua y amplia búsqueda humana, que se remonta a la época en la que las personas buscaban consejos en las estrellas. Desde entonces, nos hemos esforzado por inventar mejores herramientas para ese propósito”.

Cuadro N° 1



6.2. -: “En los `90, la toma de decisiones encontró dos nuevos aliados: Por un lado, fue asistida por la tecnología, con la aparición de las computadoras personales (PC) y, por el otro, un nuevo cliente: los consumidores. Era mediante Internet que las compañías proyectaban incrementar las ventas; sin embargo, lo que ella le otorgó a los consumidores, fue un mayor cúmulo de información y se convirtió una

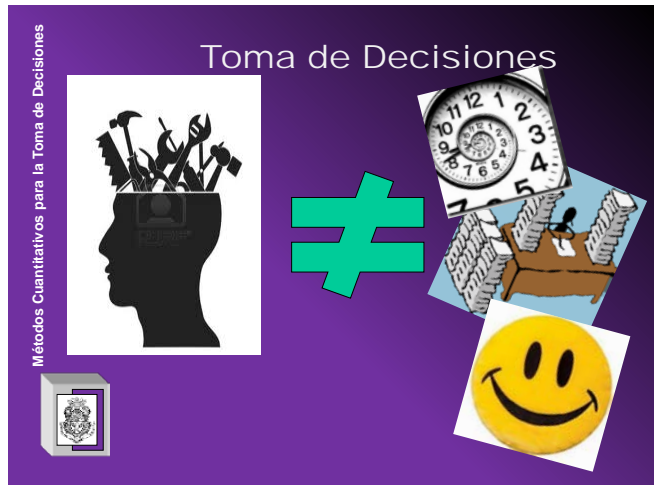
herramienta para la búsqueda, comparación y evaluación de productos y servicios”.

Cuadro N° 2



6.3. -: “Variada es la historia de las herramientas para la toma de decisiones que dan soporte al proceso cognitivo. Sin embargo, situaciones complejas, tiempo limitado e inadecuadas capacidades de procesamiento amenazan la confianza de nuestras decisiones. Las personas pueden tomar decisiones racionales si pueden acumular la suficiente información”.

Cuadro N° 3



6.4. -: “Las corazonadas forman parte de la toma de decisiones, son decisiones basadas en el instinto, tomadas en momentos de crisis, sin tiempo de discutir argumentos ni de calcular las probabilidades de cada resultado. Se ignora información confiable, a pesar de que se encuentra al alcance del decisor. El proceso decisorio se forma tanto de la intuición como del análisis”.

Cuadro N° 4



Con esta aplicación se busca mostrar que una imagen vale más que mil palabras y, lo que se pretende explicar se puede mostrar de otra manera.

7. CONCLUSIÓN

En el aula se encuentran reunidas la Modernidad y la Post-Modernidad. Para producir un acercamiento, el docente debe “hablar el idioma” del alumno y tender nuevos lazos comunicativos que propicien el dinamismo y la simultaneidad conceptual.

Los procesos cognitivos son diferentes y se han variado con el tiempo, lo que lleva a modificar la forma y los medios para transmitir el mensaje.

El futuro no sólo incluye software, hardware, robots, nano tecnología, etc., sino que también incluye la ética, la política, etc. y, todo ello, debe ir acompañado de un lenguaje que de cuenta de tal variación.

El uso de una interfaz digital se muestra hoy como un aliado para captar la atención, pero su uso debe perseguir un objetivo y una finalidad concretos. El contenido que en ella se introduzca debe apuntar a producir relaciones significativas entre la información que el alumno posee previamente (anclaje) y el contenido a aprender, logrando así una incorporación eficiente de los nuevos contenidos por parte del alumnado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carreles R. (2006): "Una Breve Historia de la Toma de Decisiones". http://www.tandemsd.com/newsletter/n1/Una_breve_historia_acerca_de_la_toma_de_decisiones.pdfhttp://www.tandemsd.com/newsletter/n1/Una_breve_historia_acerca_de_la_toma_de_decisiones.pdf
Versión digital obtenida el 07/03/2013.
- Vivek V., Carranza C. (2012): Material de Cátedra, Curso de Doctorado en inglés Intelligent Business. Universidad Nacional de Córdoba – Facultad de Ciencias Económicas – Escuela de Graduados.
- Gvartz S., Palamidessi M. (2002): "El ABC de la Tarea Docente: Curriculum y Enseñanza". Editorial Aique, Buenos Aires.
- Moreno C., Badia A., Domènech M., Escofet A., Fuentes M., Rodríguez Illera J.L., Tirado F. J., Vayreda A. (2005): "Internet y Competencias". Editorial Grao, Barcelona
- Rosler R (2011): "Congreso – Taller Neurociencias, Educación e Inteligencia Emocional Terceras Jornadas de Neurosicoeducación".. <http://www.asociacioneducar.com/http://www.asociacioneducar.com/http://www.asociacioneducar.com/> Versión digital obtenida el 13/07/2009.

ANEXO 1

Médico Cirujano egresado con Diploma de Honor de la Universidad de Buenos Aires. Asistente extranjero de los Hospitales de Paris – Francia. Ejerce como Médico Neurocirujano del Servicio de Neurocirugía del Hospital Británico de Buenos Aires. En el campo de la educación, se desempeña como Jefe de Trabajos Prácticos de Neurocirugía del Hospital Británico y en la Universidad de Medicina de la Ciudad de Buenos Aires. También es profesor de Neuroanatomía de la Maestría de Neuropsicología de la Escuela de Medicina del Instituto de Medicina del Hospital Italiano de Buenos Aires. Director de la Diplomatura "Bases neurobiológicas de la didáctica" dictado en la Universidad Católica de Santiago del Estero, entre otros cargos (pagina asociación educar).

RELEVAMIENTO Y ANÁLISIS DE APORTES RECIENTES AL MÉTODO TOPSIS

CAROLINA SANTA CRUZ
ZAIDA ASSEF

Palabras clave: Apoyo Multicriterio a la Decisión, TOPSIS, Revisión bibliográfica, Ponderación Lineal

1. INTRODUCCIÓN

A la hora de tomar una decisión, puede ser necesario involucrar y considerar a diversos actores, por lo que generalmente es muy difícil satisfacer a todos ellos, debido a la cantidad de criterios que se toman en cuenta; entre estos: recursos limitados, necesidades, medio ambiente, riesgos. Habitualmente estas situaciones, en presencia de criterios múltiples, son muy numerosas.

En el problema típico de los métodos de Apoyo Multicriterio a la Decisión (AMD), el decisor debe escoger entre varias posibilidades denominadas alternativas. Para ellos, se tienen diversos puntos de vista, denominados criterios, generalmente contradictorios entre ellos, según expresa Barba Romero et al. (1997).

Estos métodos son utilizados para determinar la “mejor” alternativa, establecer un orden de preferencia entre ellas o determinar alternativas “buenas” y “malas”. Existen muchas aproximaciones con enfoque multiatributo discreto. El método denominado Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), propuesto por Hwang y Yoon (1981, 1987, 1992), es uno de ellos.

Este método ha generado un notable interés en ese campo del conocimiento, al punto de que son muchos los artículos y aplicaciones orientados a trabajar sobre el mismo. Como evidencia de su validez pueden recordarse artículos recientes como los redactados por Ibrahim A. Baky y Mahmoud A. Abo-Sinna (2013), Yusuf Tansel (2012) o M.M. Fouladgar (2012), entre otros.

Ante esa importancia, el presente trabajo se aboca, en primera instancia, a la recopilación de artículos y al estudio de los mismos, para determinar las características y problemas más frecuentes que conducen a la aplicación del método. Cabe destacar que la presente recopilación se realizó con un muestreo aleatorio mediante exploración en Internet y que se consideraron sólo artículos de revistas publicados a partir del año

2000. De este modo, se incluyeron más de cincuenta artículos, provenientes de más de treinta publicaciones periódicas.

A partir de estos textos, se elaboraron diversas estadísticas que incluyen: técnicas utilizadas para complementar el método; finalidad de cada artículo, año, país y revista de publicación. Además, se investigan los principales campos de aplicación, a través de una clasificación en seis áreas diferentes. De modo adicional, se comparan los resultados obtenidos con los de otras contribuciones similares (Behzadian et al., 2012).

Además, este artículo incluye el análisis de un ejemplo, donde se comparan los resultados obtenidos mediante Ponderación Lineal y TOPSIS, con diversas métricas. Esto permite identificar las diferencias entre estos métodos y la influencia del uso de distintas formas de normalizar los elementos de la matriz de decisión.

El presente trabajo tiene como base a la presentación realizada en la XXIV Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa” (EPIO), realizada en la Ciudad de Córdoba, Argentina, en el mes de Mayo de 2013. En esa oportunidad fue sometido a referato y aceptado para su publicación en los Anales del Congreso.

El artículo se organiza del siguiente modo: en la sección 2 se explica la metodología TOPSIS y se expone su algoritmo. En la sección 3, se presentan los resultados de la recopilación. En la sección 4 se expone una categorización de áreas de aplicación de los artículos encontrados. La sección 5, presenta las comparaciones de los métodos ya nombrados y del uso de las distintas métricas para un ejemplo. El último apartado se orienta a presentar conclusiones y recomendaciones.

2. METODOLOGÍA TOPSIS

El método TOPSIS, propuesto por Hwang y Yoon (1981) es un método compensatorio, cuyo objetivo es la ordenación de un conjunto finito de alternativas. Este método trabaja con el dilema de la distancia a la solución ideal y anti-ideal. El principio básico es que la alternativa elegida debe tener la menor distancia a la solución ideal positiva y la mayor distancia a la solución ideal negativa; siendo estas últimas, aquellas que maximizan o minimizan el beneficio, y minimizan o maximizan la “pérdida”; respectivamente.

El método analiza las alternativas mediante un índice de similitud, combinando la proximidad ideal positiva y la lejanía respecto al ideal negativo. El valor más alto representa aquella alternativa que se encuentra más cerca del ideal positivo en relación a la distancia respecto

al ideal negativo. A partir de estos resultados se establece la ordenación final.

A continuación presentamos el algoritmo del método:

- Construcción de la matriz de decisión.
- Normalización de la matriz de decisión.
- Construcción de la matriz normalizada y ponderada
- Determinación de la solución ideal positiva e ideal negativa
- Calculo de la solución ideal positiva e ideal negativa
- Calculo de la proximidad relativa de cada alternativa a la solución ideal positiva y negativa
- Ordenamiento de las alternativas, de acuerdo a su proximidad relativa

3. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LITERATURA

Para abordar este estudio, realizamos una búsqueda vía web de artículos relacionados con el método, en los cuales se hablara de alguna aplicación o de alguna mejora del mismo. Finalmente hallamos 54 artículos de revistas diferentes, publicados desde el año 2000 en adelante, excluyendo aquellos presentados en tesis, congresos, conferencias, etc. Estos textos permitieron identificar seis categorías de aplicación. Enfocándonos en el título, resumen y palabras claves de cada artículo, construimos una base de datos con la siguiente información:

Título del artículo	Año de publicación	Autores	Revista de publicación	País de procedencia del autor	Recursos	Finalidad	Categoría	Breve descripción
---------------------	--------------------	---------	------------------------	-------------------------------	----------	-----------	-----------	-------------------

Para estas variables se realizan tablas de frecuencias que permiten establecer un ordenamiento entre los valores, lo cual facilita la elaboración de conclusiones. Se detalla a continuación el descripto análisis.

3.1 Recursos

Durante un proceso de decisión, el método utilizado para hallar la solución más apropiada es un factor determinante. Sin embargo, cada uno de estos posee ciertas ventajas en determinadas aplicaciones que resultan más adecuadas en cada uno de los pasos del proceso de toma de decisión.

Además, cada situación en la que se deba realizar una elección posee características propias que pueden sugerir el uso de algún método

en particular. Es por ello que existen variaciones del método TOPSIS que se adecuan a cada situación. Además es posible complementarlo en cada paso del proceso de decisión con otras técnicas que ayuden a clarificar la solución más conveniente.

En este campo se nombran otros métodos o técnicas que se combinan con TOPSIS para lograr un método final más robusto y preciso, es decir, que permita llegar a conclusiones más confiables respecto a la ordenación o elección de alternativas. También existen artículos donde se compara al método TOPSIS con otros métodos mediante la aplicación de ambos sobre un mismo caso, a fin de identificar justamente diferencias en las precisiones de sus resultados o probar ciertas ventajas de uno sobre el otro con respecto al caso del que se esté escribiendo.

Durante este estudio hemos encontrado muchas variaciones y complementos del método TOPSIS. Es por esto que se muestran en la tabla las siguientes categorías: Fuzzy TOPSIS (método TOPSIS con lógica difusa), MAUT TOPSIS (Método TOPSIS con Teoría de Utilidad Multiatributo), FAHP y Fuzzy TOPSIS (Proceso Analítico Jerárquico Difuso y TOPSIS difuso), FAHP y MAUT TOPSIS (Proceso Analítico Jerárquico Difuso y TOPSIS con Teoría de Utilidad Multiatributo), AHP y Fuzzy TOPSIS (Proceso Analítico Jerárquico Difuso y TOPSIS difuso), AHP y MAUT TOPSIS (Proceso Analítico Jerárquico y TOPSIS con Teoría de Utilidad Multiatributo) y por último, en la categoría Otros, agrupamos el resto de las combinaciones que aparecen esporádicamente en algunos artículos.

A continuación se presentan las distribuciones en la siguiente tabla de frecuencias:

TABLA 1: Distribución de los Recursos

Recursos	Cantidad	Porcentaje
Fuzzy TOPSIS	19	0,35
MAUT TOPSIS	14	0,26
FAHP y Fuzzy TOPSIS	3	0,06
FAHP y MAUT TOPSIS	3	0,06
AHP y Fuzzy TOPSIS	1	0,02
AHP y MAUT TOPSIS	1	0,02
Otros	13	0,24

Vemos que lo más común es aplicar el método TOPSIS original en sus dos formas, con la Teoría de Utilidad Multiatributo y con lógica difusa. Se puede observar también claramente que la combinación de FAHP y Fuzzy TOPSIS o MAUT TOPSIS, es una de las combinaciones preferidas. En este sentido, es de suponer que cada una de las aplicaciones posee características propias que las hacen más adecuadas para apoyar el método TOPSIS y establecer finalmente el ordenamiento más apropiado.

Por otro lado, se puede ver que hay 13 casos que usan combinaciones que no son las anteriormente nombradas; alguna de ellas son el método de entropía, el método de variación del coeficiente, el algoritmo de Kruskal y Punto de Steiner, programación lineal, programación por objetivos, umbral de veto, modelo de relación gris, etc. Todos estos están agrupados en la categoría Otros.

Sería interesante en algún próximo estudio, analizar las ventajas más importantes de estas técnicas complementarias para comprender realmente el uso de las mismas en un proceso de toma de decisión resuelto con TOPSIS.

3.2 Finalidad

Con este campo se intenta diferenciar de entre los 54 artículos encontrados, si el mismo desarrolla una aplicación específica del método o si propone una mejora del mismo. Cabe consignar que entre las posibles mejoras se encuentran los procedimientos de comparaciones de pesos, proposición de nuevos operadores, análisis de funciones objetivos no-lineales o análisis de precisión del método mediante agregados o complementos. En cuanto a las aplicaciones específicas haremos un análisis detallado posteriormente debido a la variedad de las mismas.

A partir de este análisis hemos detectado cinco artículos en la categoría "Mejoras del método", los cuales se referencian en la Tabla 2. Como se puede observar, a pesar de que no contamos con un número considerable de artículos, se puede notar que los años de publicación de estos textos de mejoras del método, son variados; es decir que no se concentran solamente en una época, sino que hay un intento de perfeccionamiento constante.

Finalmente podemos sacar una conclusión en base a la coincidencia en los recursos utilizados en estos artículos. Evidentemente se busca desarrollar con más profundidad Fuzzy TOPSIS, ya que es una estrategia con un amplio campo de aplicación debido a que se destaca por su efectividad.

TABLA 2: Artículos de “Mejoras del Métodos”

Nombre del artículo	Año de publicación	Autores	Recursos
Comparison of weights in TOPSIS models	2004	D.L. Olson	MAUT
Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple-criteria group decision-making	2007	Wang Y, Lee H	Fuzzy TOPSIS
TOPSIS For bi-level MODM problems	2013	Baky I, Abo-Sinna M	Fuzzy TOPSIS
An extension of TOPSIS for group decision making	2007	Shih S, Shyur H, Lee E	MAUT
Fuzzy Systems for Multicriteria Decision Making	2010	Santos J, Camargo H.	Fuzzy TOPSIS

3.3. País de procedencia de los autores

Resulta apropiado este análisis porque permite determinar en qué lugares tienden a nuclearse los grupos que trabajan sobre el método.

TABLA 3: Distribución de los países

Países	Cantidad	Porcentaje
Turquía	11	0,19
Taiwán	9	0,16
Irán	8	0,14
China	6	0,11
Brasil	5	0,09
México	3	0,05
Grecia	2	0,04

En la tabla anterior se puede observar que algunos países de oriente, en particular Turquía, Taiwán, Irán y China, concentran el cincuenta por ciento de los artículos. Esto implica que son los que más han aplicado el método de TOPSIS en sus industrias o en su vida cotidiana.

Esto se ratifica en el artículo de Behzadian et al. (2012), el cual arriba a proporciones similares con una búsqueda más exhaustiva. Cabe destacar que dicho artículo logra captar una mayor cantidad de textos latinoamericanos. En tal estudio, México aparece con un buen posicionamiento dentro de la tabla. Por su parte Brasil mantiene su nivel de aportaciones, aunque con menor peso relativo dentro de la clasificación general.

La categoría Otros Países incluye 11 artículos de las siguientes naciones: Arabia Saudita, Argentina, Australia, Canadá, Corea, Egipto, España, Lituania, Polonia, Reino Unido, y Serbia.

3.4 Revista de publicación

Como vemos en la Tabla 4, existe una amplia variedad de revistas donde se publican este tipo de artículos, ya que son muchas las áreas donde se ha investigado. Existe, sin embargo, una gran mayoría de la revista Expert Systems with Applications, que agrupa al 39 por ciento de los artículos, convirtiéndose así en la más popular. Esto también se verifica en el artículo de Behzadian et al. (2012), donde la misma revista tiene una amplia mayoría frente a las otras tenidas en cuenta por los autores.

TABLA 4: Distribución de los recursos

Revista	Cantidad	Porcentaje
Expert Systems with Applications	21	0,39
Mathematical and Computer Modelling	3	0,06
Applied Soft Computing	2	0,04
Computers & Operations Research	2	0,04
CULCyT (Cultura Científica y Tecnológica)	2	0,04
The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology	2	0,04
Otras Revistas	22	0,41

La categoría “Otras revistas” incluye algunas como ser: Agricultura Técnica en México, Applied Mathematical Modelling, Archives of Civil and Mechanical Engineering, CLEI Electronic Journal, Communications in Computer and Information Science, Computers & Mathematics with Applications, Estudios Geográficos, Information Sciences, International Journal of Hydrogen Energy, International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, Journal of Materials Processing Technology, Journal of Power Sources, Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, Key Engineering Materials, Knowledge-Based Systems, etc.

3.5 Año de publicación

Hemos tenido en cuenta durante esta investigación el año de publicación de cada artículo, con el fin de determinar la época de mayor cantidad de trabajos método TOPSIS. Como se observa en el siguiente gráfico, la época que mayor toma en cuenta este método es 2009-2011, un período bastante reciente; por lo que es de suponer que se sigue investigando y complementando, ya que aparentemente es un método confiable, que al apoyarse en otras técnicas otorga muy buenos resultados.

FIGURA 1. Distribución de artículos por año de publicación



4. CLASIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE APLICACIÓN

Para facilitar el análisis de la amplitud y variedad de aplicaciones que pueden hacerse con el método TOPSIS, a los que se suman las combinaciones del mismo con otros métodos DMD, se reunieron los artículos en 5 categorías.

4.1 Industria y Maquinaria

En esta categoría entran todas las aplicaciones técnicas hechas en industrias específicas como ser la construcción, agrícola, aérea, del transporte, metalúrgicas, etc. También se tienen en cuenta dentro de esta área de aplicación la selección de herramientas o máquinas técnicas necesarias para la industria que se eligen según sus especificaciones, ventajas y desventajas. Por otro lado, se incluyen también rankings de performance dentro de ciertas industrias y evaluaciones de los ingresos de distintas industrias para ciertas zonas del mundo. Como vemos en la Tabla 5 esta es la categoría más popular, esto se debe a la utilidad del método TOPSIS para tomar decisiones en ámbito de la industria y a su capacidad de tener en cuenta múltiples criterios lo que caracteriza a este tipo de decisiones industriales donde se deben analizar varios aspectos económicos, técnicos, de diseño, etc.

4.2 Tecnología y Software

Esta categoría comprende la toma de decisión respecto a tecnologías de última generación y sobre todo, lo referido a software computacional, así como también, lo concerniente al gran desarrollo del mundo virtual de los últimos años. Con esto nos referimos al e-commerce, la infinidad de páginas web existentes y la necesidad que esto conlleva a hacer estudios exhaustivos de la calidad de sus servicios y de las estructuras de soporte que necesitan según el uso y el destino de estas websites.

4.3 Negocios y Finanzas

Esta categoría agrupa en su mayoría a aplicaciones referidas al sector bancario mundial donde se necesita evaluar a sus clientes para decidir acerca de su capacidad para otorgar créditos, realizar evaluaciones de desempeño de fondos o también realizar análisis de riesgo o evaluaciones de proyectos de inversión que involucran grandes cantidades de dinero y que, por lo tanto, necesitan de un método confiable para tomar la decisión correcta, lo cual brinda el método TOPSIS.

4.4 Medio ambiente y Sustentabilidad

Debido al gran auge del cuidado del medio ambiente causado por los nefastos pronósticos del futuro medioambiental se ubica a esta categoría como la tercera en popularidad. En ella se agrupan las posibles soluciones frente a accidentes contaminantes o transporte de desechos peligrosos. También hace referencia a evaluaciones de impacto ambiental y sustentabilidad de proyectos que implican el uso y gestión de recursos naturales.

4.5 Gestión de la Producción

Esta es la segunda categoría más popular ya que agrupa todas las aplicaciones del método TOPSIS en las herramientas de gestión del proceso productivo completo, desde la selección de localizaciones de emplazamiento, selección de proveedores, de personal hasta selecciones de layout y lanzamientos de nuevos productos. Abarca las aplicaciones para la toma de decisiones en los distintos niveles de la cadena productiva y en todas las áreas de la firma desde recursos humanos, compras hasta producción y logística.

4.6 Otros

Son 5 los artículos que se categorizaron como “Otros”, estos refieren a aplicaciones del método de forma general sin especificar si se hizo para una industria o para un negocio, involucra también decisiones personales ante problemas que pueden surgir en la vida laboral o cotidiana y por último, proyectos que no caben dentro de ninguna de las demás categorías.

TABLA 5: Distribución de artículos según categoría

Categoría	Cantidad	Porcentaje
Industria y Maquinaria	14	0,30
Gestión de la Producción	9	0,19
Medio Ambiente y Sustentabilidad	8	0,17
Negocios y Finanzas	6	0,13
Tecnología y Software	5	0,11
Otros	5	0,11

5. ANÁLISIS DE UN EJEMPLO

La presente sección tiene por objeto evidenciar que al aplicar el método, una cuestión relevante es la selección de la métrica a utilizar, dado que esta decisión condiciona los resultados al extremo de generar cambios en el ordenamiento de las alternativas. Para facilitar la comprensión de esta parte del análisis, se aplica el método a un ejemplo extraído de uno de los artículos analizados

Para comenzar se explicará el algoritmo del Método Ponderación Lineal. Este algoritmo proporciona una metodología de agregación que parte de la matriz de decisión definitiva, la cual contiene criterios con un objetivo de maximización y sus elementos normalizados según una métrica determinada. Esta normalización se realiza para que las evaluaciones r_{ij} de cada alternativa i correspondiente a un cierto criterio j sean comparables con las correspondientes a los otros criterios, como explica Barba-Romero (1987).

En este artículo analizamos dos procedimientos de estandarización diferentes. Por una parte la estandarización con la suma de las utilidades, también llamada Regla de la Suma, como se presenta en la Fórmula 1. Por la otra, la estandarización con la suma de cuadrados de las utilidades, como se muestra en la Fórmula 2.

$$r_{i,j} = \frac{a_{i,j}}{\sum_{i=1}^m a_{i,j}} \quad (1)$$

$$r_{i,j} = \frac{a_{i,j}}{(\sum_{i=1}^m a_{i,j}^2)^{1/2}} \quad (2)$$

A partir de esta matriz normalizada, se procede a la ponderación de sus elementos conforme a los pesos asignados a cada criterio con la siguiente expresión.

$$v_{i,j} = w_j \cdot r_{i,j} \quad (3)$$

Con esta nueva matriz ponderada, se obtiene la valoración global de cada alternativa mediante la suma de los correspondientes elementos ponderados, como en la expresión 4.

$$R(A_i) = \sum_j v_{i,j} = \sum_j w_j r_{i,j} \quad (4)$$

Luego, la ordenación de las alternativas esta dada desde el mayor valor de $R(A_i)$, hasta el menor. El método de ponderación lineal es uno de los más utilizados, debido a que es sencillo y muy intuitivo de aplicar, como sugiere Barba-Romero (1987).

Para continuar, se explica el algoritmo del método TOPSIS detalladamente. El procedimiento es igual al de Ponderación Lineal hasta la ponderación de los elementos de la matriz de decisión. En la metodología TOPSIS, una vez que tenemos la matriz ponderada, se procede a identificar la “alternativa ideal positiva” y la “alternativa ideal negativa” de la siguiente manera:

$$V_j^+ = \text{Max}(v_{1,j}^+, v_{2,j}^+, \dots, v_{n,j}^+) \quad (5)$$

$$V_j^- = \text{Min}(v_{1,j}^-, v_{2,j}^-, \dots, v_{n,j}^-)$$

Ahora, se calcula para cada alternativa la distancia que existe entre ésta y la alternativa ideal positiva (Si+). Se hace lo mismo para la alternativa ideal negativa (Si-). A continuación se presentan dos formas de calcular estas distancias:

Mediante valores absolutos de las diferencias, con exponente uno:

$$S_i^+ = \sum_{j=1}^n |v_{i,j} - v_j^+| \quad S_i^- = \sum_{j=1}^n |v_{i,j} - v_j^-| \quad (6)$$

Mediante diferencias con exponente dos (también llamada distancia euclídea):

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{i,j} - v_j^+)^2} \quad S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{i,j} - v_j^-)^2} \quad (7)$$

Una vez que se calculan las distancias, se obtiene para cada alternativa un índice de similitud, con la siguiente fórmula:

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (8)$$

Como lo que se busca es maximizar la distancia relativa al ideal negativo respecto a la suma de las distancias a ambos ideales, cuanto mayor es el índice, mayor es la distancia a la “alternativa ideal negativa” y mayor la similaridad a la “alternativa ideal positiva”. De acuerdo a esto, la ordenación final de las alternativas respeta el orden de mayor a menor dado por el índice de similaridad calculado. En consecuencia, desde el punto de vista de la racionalidad de la conducta humana consiste en ubicarse lo más cerca posible de la solución ideal y en alejarse lo más posible de una solución antiideal o ideal negativa, como expone Alberto et al. (2013).

Luego de haber explicado ambos métodos con las distintas posibilidades de cálculo y con diferentes métricas de normalización, presentaremos el caso de estudio donde analizaremos los resultados obtenidos con ambos métodos y con ambas métricas. El caso de estudio fue obtenido de García Alcaraz et al. (2007), donde se realiza un estudio de evaluación y justificación de proyecto de inversión de un robot industrial, en base a criterios cualitativos y cuantitativos establecidos por un grupo de decisión. Se toma de ese ejemplo la siguiente matriz de decisión.

TABLA 6: Matriz de decisión

Alternativas	Costo	Capacidad de Carga	Velocidad	Calidad del servicio	Facilidad de Programación	Integración
A1	8500	90	1.4	5.2	7	6.2
A2	4750	85	1.3	5.4	6.2	5.8
A3	6300	105	0.9	4.2	6.4	5
A4	4800	95	1.3	6.4	4.8	6.6
A5	7200	98	1.6	7	5.6	6.8
A6	9400	93	1.9	8.4	5	7
W	7.4	7.6	6.8	7.2	6.8	7.6

Antes de comenzar, como el costo es un criterio a minimizar, invertimos sus valores a fin de transformarlo en un problema de maximización, para que sea comparable con los demás criterios.

TABLA 7: Matriz con criterios a maximizar

Alternativas	Costo	Capacidad de Carga	Velocidad	Calidad del servicio	Facilidad de Programación	Integración
A1	0.000118	90	1.4	5.2	7	6.2
A2	0.000211	85	1.3	5.4	6.2	5.8
A3	0.000159	105	0.9	4.2	6.4	5
A4	0.000208	95	1.3	6.4	4.8	6.6
A5	0.000139	98	1.6	7	5.6	6.8
A6	0.000106	93	1.9	8.4	5	7
W	7.4	7.6	6.8	7.2	6.8	7.6

Primero empleamos el método TOPSIS estandarizando a través de la Regla de la Suma, con lo que se obtiene la Tabla 8.

TABLA 8: Ordenación Final con TOPSIS con Regla de la Suma

Alternativas	S+	S-	C+	Nro. de Orden
A1	0.05	0.03	0.40	5 ^o
A2	0.04	0.04	0.51	4 ^o
A3	0.06	0.02	0.28	6 ^o
A4	0.04	0.05	0.57	3 ^o
A5	0.03	0.05	0.58	2 ^o
A6	0.03	0.05	0.62	1 ^o

En segunda instancia, utilizamos la Suma de Cuadrados para normalizar y aplicamos nuevamente TOPSIS, con lo que se obtienen los resultados de la Tabla 9.

Como se advierte, los ordenamientos obtenidos son diferentes. En efecto, los elementos A4 y A5 invierten sus posiciones relativas.

TABLA 9: Ordenación Final con TOPSIS con Suma de Cuadrados

Alternativas	S+	S-	C+	Nro. de Orden
A1	0.14	0.09	0.39	5°
A2	0.12	0.13	0.53	4°
A3	0.18	0.08	0.31	6°
A4	0.10	0.14	0.57	2°
A5	0.10	0.13	0.56	3°
A6	0.12	0.17	0.57	1°

TABLA 10: Ordenación Final con PL con Regla de la Suma

Alternativas	Costo	Capacidad de Carga	Velocidad	Calidad del servicio	Facilidad de Programación	Integración	R(Ai)	Nro. de Orden
A1	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.16	5°
A2	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.17	4°
A3	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.15	6°
A4	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.17	3°
A5	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.17	2°
A6	0.02	0.03	0.04	0.04	0.02	0.03	0.18	1°

Ahora bien, es interesante analizar lo que ocurre cuando se aplica Ponderación Lineal para establecer el ordenamiento final. En este caso el ordenamiento coincide con el de la Tabla 8, cuando las alternativas A6, A5 y A4 toman el primer, segundo y tercer puesto respectivamente.

Finalmente resolvemos el ejemplo a través de Ponderación Lineal, en este caso estandarizando con la suma de cuadrados, con lo cual se obtienen los resultados de la Tabla 11.

TABLA 11: Ordenación Final con PL con Suma de Cuadrados

Alternativas	Costo	Capacidad de Carga	Velocidad	Calidad del servicio	Facilidad de Programación	Integración	R(Ai)	Nro. de Orden
A1	0.12	0.17	0.15	0.14	0.19	0.17	0.94	5º
A2	0.22	0.16	0.14	0.14	0.16	0.16	0.99	4º
A3	0.17	0.19	0.10	0.11	0.17	0.14	0.88	6º
A4	0.22	0.18	0.14	0.17	0.13	0.18	1.02	3º
A5	0.15	0.18	0.17	0.19	0.15	0.19	1.03	2º
A6	0.11	0.17	0.21	0.22	0.13	0.20	1.04	1º

Cabe recordar que el método de Ponderación Lineal puede ser afectado por distintas cuestiones:

- El ordenamiento puede cambiar cuando se produce variación en las utilidades de una alternativa irrelevante.
- El ordenamiento puede variar con el método de estandarización ya que este no es neutral (Barba-Romero y Pomerol, 1997).

Es posible demostrar que al utilizar el método de Ponderación Lineal y el método de TOPSIS, con la estandarización mediante la Regla de la Suma, se llega al mismo ordenamiento final de las alternativas. Esta demostración se encuentra disponible en el libro de Barba-Romero y Pomerol (1997).

Sin embargo, si adoptamos la Suma de Cuadrados para estandarizar, donde efectivamente, cuando se aplica TOPSIS con este modo de estandarización, los puestos segundo y tercero cambian en la ordenación final. En cuanto a la ordenación obtenida aplicando Ponderación Lineal con ambas métricas de estandarización, se observa que se llega al mismo resultado.

Como afirma Barba-Romero y Pomerol (1997), es perfectamente posible que el resultado final dependa del procedimiento utilizado de estandarización de las evaluaciones, como sucedió en este caso con TOPSIS. Sin embargo al no ser una restricción demostrada, puede

sucedir que el ordenamiento se mantenga al aplicar el mismo método con distintas normalizaciones, como sucedió con Ponderación Lineal. Es por esto que se debería tener la precaución de hacer un análisis previo en cuanto a la métrica de estandarización a utilizar, para no incurrir en el error de reversión de rangos.

Con esto podemos concluir que al utilizar Ponderación Lineal y TOPSIS con estandarización por la Regla de la Suma, se llega al mismo resultado; esto implica que es posible incurrir en los errores que caracterizan a la Ponderación Lineal, particularmente la reversión de rangos y la dependencia con el método de estandarización.

Si en cambio se aplica TOPSIS con Suma de Cuadrados, es posible arribar a ordenamientos diferentes que los de ponderación lineal, donde resulta razonable suponer que no se incurre en los errores típicos de la PL.

6. CONCLUSIONES

En una primera instancia, este documento se aboca a la revisión de literatura del método TOPSIS, con el fin de establecer los mayores usos y aplicaciones del mismo. Este objetivo fue propuesto debido a la cantidad de textos referidos al tema que se observan en la web, como uno de los medios más populares.

En este contexto, hemos podido revelar que el método TOPSIS se encuentra en perfeccionamiento constante, con un notable crecimiento en los últimos años. Cabe destacar que no solo TOPSIS se está desarrollando, sino que además se estudian técnicas que permitan complementar este método para ofrecer la solución óptima en cada situación. En otros casos, este método se integra con algún otro de AMD y se consiguen ordenamientos más precisos de las alternativas. Destacaremos entre ellos: la lógica Fuzzy en TOPSIS y AHP.

Podemos observar que dentro de la clasificación de las áreas de aplicación, la mayoría tratan acerca de temas industriales, financieros y tecnológicos pero existe muy poca aplicación en ámbitos sociales y humanísticos. Precisamente, los estados del arte realizados recientemente y otros aportes, como el del presente artículo, pueden contribuir a encontrar áreas con poca difusión o también nuevas combinaciones del método TOPSIS que enriquezcan al mundo académico.

Por otro lado, al hacer las comparaciones de los métodos y del uso de distintas métricas para el mismo caso, podemos ver cómo se arrastran ciertos errores de un método a otro y la influencia que tiene el método de normalización usado en el resultado de la ordenación de

alternativas. Es por esto que hay que ser cuidadoso en la elección de la forma de normalizar en cada caso y analizar la conveniencia de una u otra métrica dependiendo de las características del problema decisorio como ser la escala que usan, si utilizan el concepto de compensatoriedad y otras particularidades. Es importante considerar las ventajas y desventajas, en cuanto a la mantención de proporcionalidad, del uso de cada métrica ya que existen más que las dos estudiadas en este artículo.

7. REFERENCIAS

- Ahi, A., Aryanezhad, M. B., Ashtiani, B., & Makui, A. (2009): "A novel approach to determine cell formation, intracellular machine layout and cell layout in the CMS problem based on TOPSIS method". *Computers & Operations Research*, vol. 36, pp. 1478-1496.
- Alberto C, Passoni I, Carignano C y Delgado M (2013) "Eficiencia en investigación y desarrollo en países latinoamericanos". In Zanazzi, Alberto y Carignano (2013): *Aplicación de Multimétodologías para la Gestión y Evaluación de Sistemas Socio-Técnicos*. AC de FCE UNC. Argentina. pp 33-50.
- Alcaraz, M. J. L. G., Noriega, S., Medina, R., & Monarrez, M. M. R. P. (2005): "Modelo multicriterio para la justificación de inversiones en robots". *CULCyT*, vol. 2, pp. 27.
- Amiri M. (2010): "Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods". *Expert Systems with Applications*, vol. 37, pp. 6218-6224.
- Gomes L, GOMES C, Gomes C., Almeida, A. (2009): *Tomada de Decisão Gerencial*. Editora Atlas S.A. Brasil.
- Baky I y Abo-Sinna M (2012): "TOPSIS for Bi-Level MODM Problems". *Applied Mathematical Modelling*, vol. 37.
- Barba Romero S y Pomerol J (1997): *Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica*. Colección de Economía. Universidad de Alcalá.
- Barba-Romero, S. (1987): "Panorámica actual de la decisión multicriterio discreta". *Investigaciones Económicas (Segunda época)*, vol. 11, pp. 279-308.
- Behzadian, M., Khanmohammadi Otaghsara, S., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012): "A State-of-the-art Survey of TOPSIS Applications". *Expert Systems with Applications*, vol. 39, pp. 13051–13069.

- Boran, F. E., Genç, S., Kurt, M., & Akay, D. (2009): "A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method". *Expert Systems with Applications*, vol. 36, pp. 11363-11368.
- Byun, H. S., & Lee, K. H. (2005): "A decision support system for the selection of a rapid prototyping process using the modified TOPSIS method". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 26, pp. 1338-1347.
- Celik, M., Cebi, S., Kahraman, C., & Er, I. D. (2009): "Application of axiomatic design and TOPSIS methodologies under fuzzy environment for proposing competitive strategies on Turkish container ports in maritime transportation network". *Expert Systems with Applications*, vol. 36, pp. 4541-4557.
- Chang, C. H., Lin, J. J., Lin, J. H., & Chiang, M. C. (2010): "Domestic open-end equity mutual fund performance evaluation using extended TOPSIS method with different distance approaches". *Expert systems with applications*, vol. 37, pp. 4642-4649.
- Chen M y Tzeng G. (2004): "Combining grey relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country". *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 40, pp. 1473-1490.
- De Souza, A. T. P. & Nassi, C. D. (2010): "Uma contribuição à solução do problema de roteamento com múltiplos objetivos". *Transportes*, vol. 3.
- DeGIOANNI A, CAMARASA A y MORENO SANZ (2001): "Evaluación de los recursos naturales para un uso y gestión sostenible de la producción agraria en una cuenca del centro-sur de Córdoba (Argentina)". *Estudios Geográficos*, vol. 62, pp. 227-256.
- Deng, H., Yeh, C. H., & Willis, R. J. (2000): "Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights". *Computers & Operations Research*, vol. 27, pp. 963-973.
- Ertugrul I y Karakasoglu N (2008): "Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 39, pp. 783-795.
- Ertuğrul, İ., & Karakaşoğlu, N. (2009): "Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods". *Expert Systems with Applications*, vol. 36, pp. 702-715.
- Fouladgar M, Yazdani-Chamzini A y Zavadskas E (2012): "Risk evaluation of tunneling projects". *Archives of civil and mechanical engineering*, vol. 12, pp. 1-12.

- Gao J, Ren H, Han M (2008): "The Application of Information Entropy and TOPSIS Method Integration to Development Plan Optimization of Air Defence Missile". *Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance*, vol. 3, pp. 030.
- García Alcaráz, J. L., & Noriega Morales, S. A. (2008): "Evaluación multicriterio y multiatributos de tractores agrícolas: un modelo y caso de estudio". *Agricultura técnica en México*, vol. 34, pp. 397-405.
- Gligoric, Z., Beljic, C., & Simeunovic, V. (2010): "Shaft location selection at deep multiple orebody deposit by using fuzzy TOPSIS method and network optimization". *Expert Systems with Applications*, vol. 37, pp. 1408-1418.
- Gumus, A. T. (2009): "Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology". *Expert Systems with Applications*, vol. 36, pp. 4067-4074.
- İÇ, Y. (2011): "Development of a credit limit allocation model for banks using an integrated Fuzzy TOPSIS and linear programming". *Expert Systems with Applications*. Vol. 39.
- İÇ, Y, Yurdakul, M. (2010): "Development of a quick credibility scoring decision support system using fuzzy TOPSIS". *Expert Systems with Applications*, vol. 37, pp. 567-574.
- Janusz L y Kaplinski O (2006): "The application of multifactor model LITCAC in the organization of assembly work of flexible corrugated steel structures". *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 12, pp. 195-199.
- Kahraman C, Buyukozkan G y Ates N (2007): "A two phase multi-attribute decision-making approach for new product introduction". *Information Sciences*, vol. 177, pp. 1567-1582.
- Kelemenis A y Askounis D (2010): "A new TOPSIS-based multi-criteria approach to personnel selection". *Expert Systems with Applications*, vol. 37, pp. 4999-5008.
- Kelemenis A, Ergazakis K y Askounis D (2011): "Support managers' selection using an extension of fuzzy TOPSIS". *Expert Systems with Applications*, vol. 38, pp. 2774-2782.
- Khalili-damghani, K, & Sadi-nezhad, S. (2012): "A Hybrid Fuzzy Multiple Criteria Group Decision Making Approach for Sustainable Project Selection". *Applied Soft Computing*, vol. 13.
- Krohling, R., & Campanharo, V. C. (2011): "Fuzzy TOPSIS for group decision making: A case study for accidents with oil spill in the sea". *Expert Systems with Applications*, vol. 38, pp. 4190-4197.

- Krohling, R. A., & De Souza, T. T. (2011): "Dois Exemplos da Aplicação da Técnica TOPSIS para Tomada de Decisão". *Revista de Sistemas de Informação da FSMA*, vol. 8, pp. 31-35.
- Lee, L. W., & Chen, S. M. (2008): "Fuzzy risk analysis based on fuzzy numbers with different shapes and different deviations". *Expert Systems with Applications*, vol. 34, pp. 2763-2771.
- Li, Y., Liu, X., & Chen, Y. (2011): "Selection of logistics center location using Axiomatic Fuzzy Set and TOPSIS methodology in logistics management". *Expert Systems with Applications*, vol. 38, pp. 7901-7908.
- Olson, D. L. (2004): "Comparison of weights in TOPSIS models". *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 40, pp. 721-727.
- Önüt, S., Kara, S. S., & Işık, E. (2009): "Long term supplier selection using a combined fuzzy MCDM approach: A case study for a telecommunication company". *Expert Systems with Applications*, vol. 36, pp. 3887-3895.
- Real, A., & Vásquez, A. M. M. (2011): "Selección de fresadoras con TOPSIS usando ponderaciones de AHP". *CULCyT*, vol. 8, pp. 95.
- Sadeghzadeh, K., & Salehi, M. B. (2011): "Mathematical analysis of fuel cell strategic technologies development solutions in the automotive industry by the TOPSIS multi-criteria decision making method". *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 36, pp. 13272-13280.
- Sant'anna, A. P., Rabelo, L. M., & Nogueira, H. D. (2012): "Comparação entre métodos multicritério em um modelo para avaliação da qualidade de ativos de renda variável". *Revista de Finanças Aplicadas*, vol. 1, pp. 1-21.
- Santos, F. J., & Camargo, H. A. (2010): "Fuzzy Systems for Multicriteria Decision Making". *Clei Electronic Journal*, vol. 13.
- Saremi, H. Q., & Montazer, G. A. (2008): "An application of type-2 fuzzy notions in website structures selection: utilizing extended TOPSIS method". *WSEAS Transactions on Computers*, vol. 7, pp. 8-15.
- Seçme, N. Y., Bayrakdaroğlu, A., & Kahraman, C. (2009): "Fuzzy performance evaluation in Turkish banking sector using analytic hierarchy process and TOPSIS". *Expert Systems with Applications*, vol. 36, pp. 11699-11709.
- Shanian, A., & Savadogo, O. (2006): "TOPSIS multiple-criteria decision support analysis for material selection of metallic bipolar plates for

- polymer electrolyte fuel cell". *Journal of Power Sources*, vol. 159, pp. 1095-1104.
- Shih, H. S., Shyur, H. J., & Lee, E. S. (2007): "An extension of TOPSIS for group decision making". *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 45, pp. 801-813.
- Sun, C. C., & Lin, G. T. (2009): "Using fuzzy TOPSIS method for evaluating the competitive advantages of shopping websites". *Expert Systems with Applications*, vol. 36, pp. 11764-11771.
- Ta-chung, C. (2002): "Facility location selection using fuzzy TOPSIS under group decisions". *International journal of uncertainty, fuzziness and knowledge-based systems*, vol. 10, pp. 687-701.
- Tian, J., Yu, D., Yu, B., & Ma, S. (2012): "A fuzzy TOPSIS model via chi-square test for information source selection". *Knowledge-Based Systems*, vol. 37, pp. 515-527.
- Torfi, F., Farahani, R. Z., & Rezapour, S. (2010): "Fuzzy AHP to determine the relative weights of evaluation criteria and Fuzzy TOPSIS to rank the alternatives". *Applied Soft Computing*, vol. 10, pp. 520-528.
- Torlak, G., Sevkli, M., Sanal, M., & Zaim, S. (2011): "Analyzing business competition by using fuzzy TOPSIS method: An example of Turkish domestic airline industry". *Expert Systems with Applications*, vol. 38, pp. 3396-3406.
- Varela, J., Arias, J. E., Cotos, J. M., Sordo, I., & Triñanes, J. A. (2002): "Sistema de apoyo a la toma de decisión para el despliegue de medios aéreos de defensa contra incendios forestales". *Geofocus*, vol. 2, pp. 78-97.
- Wang, T. C., & Chang, T. H. (2007): "Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment". *Expert Systems with Applications*, vol. 33, pp. 870-880.
- Wang, Y. J., & Lee, H. S. (2007): "Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple-criteria group decision-making". *Computers & Mathematics with Applications*, vol. 53, pp. 1762-1772.
- Wang, Y. M., & Elhag, T. (2006): "Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment". *Expert Systems with Applications*, vol. 31, pp. 309-319.
- Wei, B., Dai, F., & Liu, J. (2011): "Evaluation of the Industrial Economic Benefits Based on TOPSIS". *Intelligent Computing and Information Science*, vol. 135, pp. 30-34.

- Yang, T., & Hung, C. C. (2007). Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem. *Robotics and computer-integrated manufacturing*,23(1), 126-137.
- Yu, X., Guo, S., Guo, J., & Huang, X. (2011). "Rank B2C e-commerce websites in e-alliance based on AHP and fuzzy TOPSIS". *Expert Systems with Applications*,38(4), 3550-3557.
- Yurdakul, M., & IÇ, Y. T. (2009). "Analysis of the benefit generated by using fuzzy numbers in a TOPSIS model developed for machine tool selection problems". *Journal of materials processing technology*, 209(1), 310-317.
- Zanazzi, J. L., Alberto, C. L, Carignano, C. E. (2013): Aplicación de Multimetodologías para la Gestión y Evaluación de Sistemas Socio-Técnicos. Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Zhang, J. H., & Shi, X. F. (2010). "Application of Variation Coefficient Method and TOPSIS Model on Urban Environmental Quality Assessment". *Key Engineering Materials*, 439, 499-504.

PARTE II

PROCESOS DE TOMA DE DECISIONES EN GRUPOS

ANÁLISIS DE UN PROBLEMA DE SELECCIÓN DE GRUPOS DE TRABAJO MEDIANTE INVESTIGACIÓN OPERATIVA SOFT

GABRIELA P. CABRERA

JOSÉ L. ZANAZZI

ALEJANDRA CASTELLINI

ALICIA G. SALAMON

PALABRAS CLAVE

Complejidad, incertidumbre y conflicto. Estructuración de problemas. *Soft System Methodology* reconfigurada.

1. INTRODUCCIÓN

El desenvolvimiento de las actuales organizaciones está condicionado por factores externos e internos, donde a menudo es necesario confrontar situaciones problemáticas complejas e inciertas en las que resulta imprescindible tomar decisiones para lograr determinados objetivos (Valqui Vidal, 2010). Estas situaciones están generalmente relacionadas con la introducción de nuevas tecnologías, el rediseño de la organización, el desarrollo de nuevas estrategias, la formulación de visiones diferentes o la solución de problemas en general (Cabrera et al., 2013). En estas situaciones dinámicas la información de los ambientes organizacionales es escasa, confusa e incierta; las percepciones de los actores involucrados en el proceso decisorio son cambiantes y muchas veces resultan fuentes de conflicto. Estos problemas ponen a los decisores ante situaciones de decisión en ausencia de datos claros, situaciones MDACF (Georgiou, 2008)

En el presente texto se analiza un problema de gestión de personal en una empresa que se dedica al *outsourcing* de servicios de informática. Esto es, la organización analizada ofrece personal especializado a empresas que necesitan realizar desarrollos informáticos. El referido problema se enmarca en las definiciones de las situaciones MDACF.

Cabe destacar que este tipo de prácticas involucra una relación compleja, incierta y conflictiva entre cliente y proveedor, en la que ambos

asumen responsabilidades tales como la transferencia de conocimientos, activos e información; así como también el cumplimiento de normas, procedimientos y contratos. Entre las características de estas organizaciones *outsourcing* se encuentran las siguientes: flexibilidad, actualización permanente de TICs., descentralización geográfica, conformación de equipos de trabajo con alta variabilidad dentro del grupo y entre los grupos, necesaria gestión de los grupos a través de líderes, sistemas de comunicación intra-organización y empresa-cliente sofisticados en términos de su gestión.

Estas condiciones generan una variabilidad significativa en los comportamientos de los empleados. Otra cuestión de alta variabilidad es la variedad de demandas que plantean las empresas-clientes, con requerimientos que exigen desde actividades rutinarias, hasta las que suponen una alta *performance* en cuanto a complejidad y creatividad.

Por ese motivo es necesario seleccionar personas idóneas en el cumplimiento de un determinado rol, que además resulten confiables en el sentido de que la posibilidad de concluir exitosamente el proyecto a desarrollar sea grande. Este último requisito obliga a las organizaciones que proveen servicios de *outsourcing* a contar con personas muy comprometidas con las estrategias y valores de la empresa (Cabrera et al., 2013).

En el contexto antes descrito, preocupa a los Socio-Gerentes la falta de un sentido de pertenencia por parte de los recursos. Cabe consignar que a los fines de este trabajo, el término recursos hace referencia a las personas especialistas en informática, que participan en los proyectos. Se respeta de este modo, una modalidad propia de la empresa analizada.

Dada la complejidad de este problema, se decide la implementación de *Soft System Methodology* (SSM) planteada por Checkland (2000), según la versión propuesta por Georgiou (2006, 2008): SSM reconfigurada. Esta metodología pone principal atención en la identificación de las condiciones de incertidumbre en el ambiente de trabajo, en los valores que guían a los actores en la toma de decisión y en las agendas relacionadas; en las condiciones de complejidad y conflicto que caracterizan la situación en cuestión.

Corresponde aclarar que el presente capítulo se fundamenta en una ponencia presentada en el Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa, desarrollado en Córdoba durante el año 2013. En ese marco fue sometido a referato, lo cual convalida la calidad de sus contenidos.

Respecto a la estructura de presentación de este trabajo, en primera instancia y a modo de marco teórico se hace referencia a los recursos metodológicos utilizados durante la experiencia. Se realiza una breve descripción de las tipologías fundamentales de incertidumbre, complejidad y conflicto observables en situaciones MDACF y de las tres fases de SSM reconfigurada por Georgiou (2006, 2008). A continuación se refiere la experiencia propiamente dicha en la organización *outsourcing* y los resultados parciales obtenidos.

2. DESARROLLO

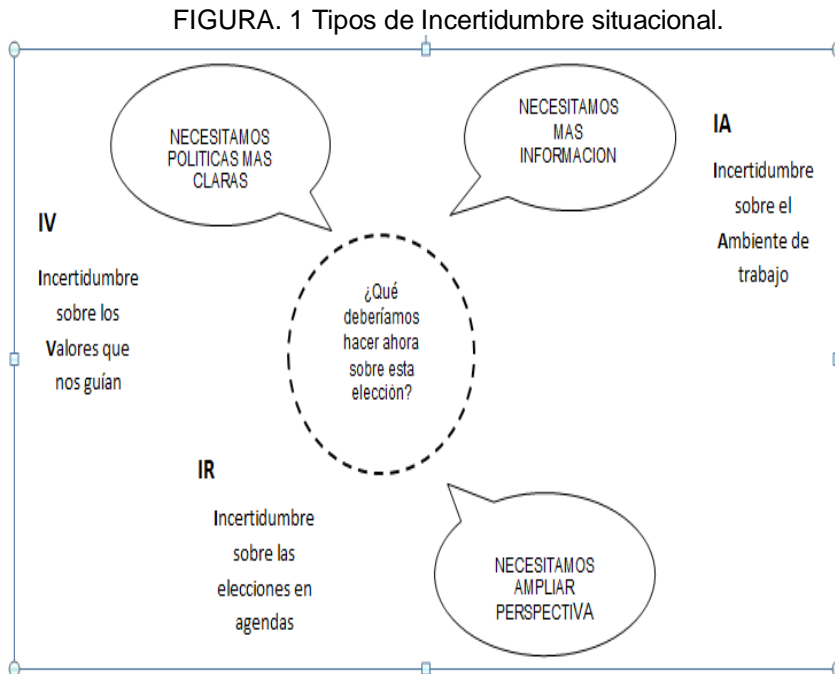
2.1 Complejidad, Incertidumbre y conflicto

En la actualidad, a la hora de elaborar y tomar decisiones, resolver problemas, diseñar y rediseñar sistemas, es necesario enfrentar condiciones de complejidad e incertidumbre sin precedentes. Es habitual encontrar situaciones dinámicas que consisten en sistemas complejos de problemas cambiantes, que interactúan entre sí; caracterizados por la ausencia de datos claros y por relaciones conflictivas entre los involucrados (Rosenhead y Mingers, 2004). En esas condiciones se debe estar preparado para recorrer un amplio abanico, que comprende alternativas de unanimidad (acuerdo general), pluralismo (diferencias pero visiones reconciliables) y coerción (visiones diferentes e irreconciliables) (Jackson y Keys, 1984).

La complejidad se observa tanto en las organizaciones como en los individuos: ambos actúan en ambientes de redes densamente interconectadas y afectados por la concurrencia de percepciones cambiantes, lo cual es por supuesto una fuente de incertidumbre (Georgiou, 2008). Dicho en otras palabras, el mundo en el que se mueven las organizaciones es complejo e incierto. La incertidumbre se evidencia en el hecho de que las principales variables que deben considerarse al analizar un problema son siempre cambiantes. El entorno es complejo porque además de los elementos físicos o económicos, hay una fuerte incidencia de las personas que participan. De hecho, los autores prefieren hablar de Sistema Socio-Técnico; término con el cual se hace referencia a sistemas donde los resultados alcanzados dependen tanto de las cuestiones tecnológicas como de las personas o grupos humanos que los operan (Zanazzi et al., 2013).

En las situaciones caracterizadas por complejidad, incertidumbre y conflicto, la estructura del problema está vagamente definida y la tarea resulta ambigua (Georgiou, 2008). En estas situaciones se combina ambigüedad, dinamismo y ausencia de datos claros (Rosenhead, 1989).

En la Figura.1, la cual ha sido adaptada de Rosenhead y Mingers, (2004), se representan las tres tipologías de incertidumbres fundamentales: valores, agendas y ambiente de trabajo. Asimismo, la figura refleja requerimientos que ayudan a controlar cada tipo de incertidumbre.



Respecto de la incertidumbre, se pueden considerar tres tipologías: la incertidumbre del entorno de trabajo, la incertidumbre vinculada con las políticas y la incertidumbre relacionada con la incidencia que tienen las decisiones de unos actores sobre otros (Friend, 2001). La primera está relacionada con la falta de información disponible del ambiente organizacional, la segunda con la identificación de los valores que sirven de guía a la toma de decisiones y la tercera con las agendas relacionadas de los actores involucrados (Georgiou, 2008).

Es importante destacar que si bien el nivel de dinamismo exhibido en las situaciones expresan la complejidad imperante en ella, mucho más aún lo hacen la interacción de los diferentes tomadores de decisiones (Georgiou, 2008).

Las situaciones hasta aquí descritas han sido calificadas como problemas endemoniados (*wicked problems*), por Rittel y Webber (1973), situaciones confusas al decir de Ackoff (1981), o situaciones MDACF en términos de Georgiou (2008).

2.2 Abordaje multimetodológico para situaciones MDACF

Para analizar problemas complejos como los que presentan los Sistemas Socio-Técnicos, Mingers (2011) recomienda la utilización de combinaciones creativas de los métodos duros y blandos y plantea el concepto de multimetodología. Por su parte, Franco y Lord (2011) señalan que no existe una “mejor manera” de realizar dicha combinación de métodos, pero que una intervención multi metodológica debería atender las tres dimensiones claves del problema: personal, social y material. Es decir que al analizar un problema es necesario caracterizar, además de lo estrictamente técnico, a los individuos y a las relaciones entre los mismos (Zanazzi et al., 2013).

La Investigación Operativa Blanda está compuesta por una generación de métodos pensados y elaborados para un mundo cubierto de un clima de complejidades, conflictos e incertezas. La principal función de estos métodos es la de estructurar problemas antes de intentar resolverlos. Su importancia debe ser comprendida como complemento de la Investigación Operativa Dura que comprende las herramientas de optimización y algoritmos (Gomes et al., 2009).

La estructuración de problemas constituye un proceso de aprendizaje iterativo que procura construir una representación formal, en la cual se integran componentes objetivos del problema y aspectos subjetivos de los actores, de forma que el sistema de valores quede explícito (Eden, 1988). Los métodos para estructurar problemas (PSM) se enfocan en la representación de una situación problema que permita a los participantes entender mejor el mismo y converger a acuerdos de solución al menos parcialmente (Mingers y Rosenhead, 2004).

La gestión de incertidumbre y complejidad es un objetivo explícito de los PSM. Éstos prestan especial atención al intento de la toma de decisiones sistémicas y la superación del conflicto en el marco de la cooperación (Georgiou, 2008). En esta dirección se enfocan: SODA (*Strategic Options Development and Analysis*), SSM, SCA (*Strategic*

Choice Approach) y *Robutness Analysis* (Rosenhead, 1989; Rosenhead y Mingers, 2001).

En el presente trabajo se describe e implementa SSM reconfigurada por Georgiou (2006, 2008). Esta metodología pretende alcanzar la eficacia de la gestión en el proceso de toma de decisiones, en base a tres ejes fundamentales: la producción de conocimiento del contexto de la situación problemática, la definición rigurosa del problema y el diseño, puesta en marcha, seguimiento y control de un plan de acción sistémico para la resolución del mismo (Silva Barros et al., 2012).

2.3 Descripción de SSM RECONFIGURADA

SSM asume la forma de un proceso organizado de indagación y aprendizaje que emplea modelos sistémicos. Dispone de mecanismos que permiten extraer información clara de entrevistas y/o talleres. De este modo facilita posibles acuerdos entre los puntos de vista en conflicto, que a su vez permiten que se tome “una acción para el mejoramiento” (Rosenhead y Mingers, 2004).

SSM creada y fundamentada por Checkland (1981, 2000), valora la visión que cada persona tiene de la situación problemática. Sostiene que es necesario reconocer las opiniones de los otros, comparar y encontrar estrategias comunes para resolver la situación en cuestión, de manera que esa visión individual pueda reorientarse a través de un proceso de aprendizaje constructivo. Esencialmente, el enfoque SSM busca construir un modelo conceptual que represente el medio ambiente idealizado que dará marco a la resolución y/o mejora de la situación problemática. A partir de este marco se generan debates constructivos con el fin de reconocer y explicitar los cambios que son susceptibles de ser implementados en la situación real correspondiente (Cabrera et al., 2013). Se hace necesario aprender acerca de la manera como la gente piensa y habla de la acción intencionada (Rosenhead y Mingers, 2004).

Georgiou (2006, 2008) concibe una “SSM reconfigurada”, que sigue los principales postulados de Checkland (1983, 1985, 1999, 2000, 2001) y propone algunos cambios respecto del modo de materializar su implementación (Cabrera et al., 2013). Las modificaciones que introduce Georgiou (2006, 2008) se orientan a la consecución de la eficacia de la gestión. El autor plantea tres cuestionamientos centrales sobre los cuales se erige el concepto de eficacia. El primer cuestionamiento se refiere a cómo extraer información de una situación problemática para la cual, se cuenta en principio con conocimiento confuso y escaso. El segundo cuestionamiento hace referencia a la factibilidad de estructurar la situación problemática a partir de una definición rigurosa. El tercer

cuestionamiento, en tanto, alude a cómo dicha definición rigurosa de la situación problemática podrá generar un enfoque sistémico hacia la resolución.

Las respuestas a cada uno de estos cuestionamientos conforman las fases constitutivas de esta aproximación.

En la fase 1 se hace foco en la exploración y expresión de la situación problemática a través de las Imágenes Ricas y los Análisis 1, 2 y 3. Las imágenes ricas son representaciones gráficas típicas de la metodología SSM, se construyen en base a las percepciones de los actores implicados en el proceso decisorio. Mediante estas imágenes ricas se pone a los involucrados cara a cara con la situación descrita. Checkland, el creador de SSM recomienda fuertemente su utilización. Por otra parte, los denominados análisis 1, 2 y 3 se refieren respectivamente a la identificación de roles (involucrados en la situación), la identificación y caracterización de las dinámicas socio-culturales y de las relaciones de poder del contexto del problema. Se trata de ejercicios de descripción necesarios para una explicación de la situación problema (Cabrera et al., 2013).

Para SSM reconfigurada, la fase 1 se orienta a producir conocimiento sobre el contexto de la situación problemática (Silva Barros et al., 2012). La fase 2 se aboca a la definición rigurosa de la situación problemática; resulta ser la esencia de su resolución y viene dada por la producción de un grupo de transformaciones en las cuales queda explícita la situación conflictiva y una manera de resolverla. La situación conflictiva actual se constituye en la entrada del proceso de transformación que devuelve como salida, el cambio que se espera alcanzar para superar dicha situación conflictiva. Para expresar dichas transformaciones y el contexto en el que se dan, cuenta con el **CATWOE**, una base de datos en forma de tabla de doble entrada en la que se exponen los siete elementos que constituyen su mnemotécnica. La **C** hace referencia al Cliente, beneficiarios y perjudicados de la transformación; la **A** al Actor, quién realizará la transformación; la **T** al Proceso de transformación que cambia alguna entrada definida o situación actual en una salida definida o situación ideal; la **W** expresa las razones que justifican la transformación; la **O** indica los propietarios, quiénes podrían interrumpir o limitar la transformación; la **E** enumera las restricciones del ambiente que podrían interrumpir, limitar o complicar la transformación. Esta herramienta posibilita de manera simple y gráfica, explicitar la transformación que se propone, quiénes estarían involucrados en la misma, por qué se hace necesaria y cuáles podrían ser las restricciones

que deben tenerse en cuenta para la planificación del conjunto de acciones intervinientes en su concreción.

Las transformaciones deben ser clasificadas y contextualizadas en una planificación realista que instrumente su materialización. Cada una se transcribe en una frase que actúa como una declaración destinada a orientar la planificación sistémica de dicha transformación y la planificación global de todas en su conjunto (Cabrera et al., 2013). Estas transformaciones deben ser a la vez: sistemáticamente convenientes (sobre la base de la lógica de los modelos) y culturalmente factibles para aquellas personas que están inmersas en la situación problemática (Rosenhead y Mingers, 2004).

Un aspecto importante de SSM reconfigurada, es el uso de escenarios como una forma de abarcar diferentes situaciones futuras dentro del estudio (Rosenhead y Mingers, 2004). En esta dirección, la fase tres hace referencia a una planificación sistémica del conjunto de acciones tendientes a solucionar y/o mejorar la situación problemática planteada. En esta fase la preocupación se centra en la planificación para el futuro, implica el uso de los conocimientos adquiridos en las dos fases anteriores para un futuro mejor (Silva Barros et al., 2012). La manera de concreción de la última fase consiste en enumerar las actividades necesarias para lograr cada una de las transformaciones propuestas (sistema de actividades humanas individual) y estipularlos criterios de control para las mismas (Cabrera et al., 2013).

Algunos de los sistemas humanos individuales pueden compartir actividades. A su vez las actividades pueden participar del diseño operacional de más de una transformación. La aparición de una o más interrelaciones entre los sistemas de actividades humanas da lugar a un supersistema (Georgiou, 2008).

El concepto de seguimiento y control se expresa en la respuesta a la pregunta ¿cómo pudo fallar el sistema? (Rosenhead y Mingers, 2004):

- La falla podría haberse originado al no hacerse lo debido y por ende no haber podido contribuir con los objetivos de alto nivel y largo plazo, esto somete a prueba la **efectividad** del sistema en el contexto amplio.
- El sistema debe mostrar un medio de llevar a cabo la transformación expresada en la definición raíz, que en principio podría realmente funcionar. Preguntar si el medio seleccionado funciona en verdad somete a prueba la **eficacia**.
- Un sistema efectivo con un medio apropiado, todavía podría fallar porque sus operaciones no logran el final deseado

empleando la economía de recursos. Preguntar hasta qué punto lograr la transformación agota los recursos, mide la **eficiencia** del sistema.

Georgiou (2006, 2008) entiende además la **ética** y la **elegancia** como otros dos criterios de control. Observar la ética implica argumentar los motivos morales por los cuales se realiza una determinada transformación, se hace foco entonces en la responsabilidad social, moral y ecológica. En tanto, observar la elegancia supone determinar si la transformación se lleva a cabo con una estética compatible con la que desean los propietarios del sistema; se alude a la sensibilidad socio-cultural.

2.4 Caso de estudio

La empresa en la cual se realiza la experiencia objeto del presente trabajo se dedica a la selección, capacitación, asignación y seguimiento de recursos *outsourcing* idóneos. Esta actividad tiene por objeto proveer personal (recursos) a proyectos informáticos que se desarrollan en diferentes empresas-clientes.

La situación que preocupa a los Socio-Gerentes es la falta de un sentido de pertenencia que consecuentemente implique la fidelización de los recursos. Para analizar este problema se decide la implementación de las tres fases de la SSM reconfigurada por Georgiou (2006, 2008).

Implementación Fase 1: Con el objetivo de tomar conocimiento de la estructura organizacional de la empresa, la dimensión y alcance de los servicios prestados y el modo en cómo se lleva a cabo el proceso de selección, asignación y seguimiento de los recursos a proyectos, se realizan una serie de entrevistas individuales a los Socios Gerentes y el Gerente de Desarrollo.

De estas entrevistas se obtienen dos imágenes ricas, la Figura 2 confeccionadas por el Gerente de Desarrollo a mano alzada y la Figura 3 construida conjuntamente con los facilitadores (autores del presente trabajo). Estas imágenes ricas constituyen el primer indicio de esclarecimiento de la situación problema planteada por la organización *outsourcing*. (Cabrera et al., 2013).

FIGURA 2. Diagrama realizado por el Socio Gerente a mano alzada

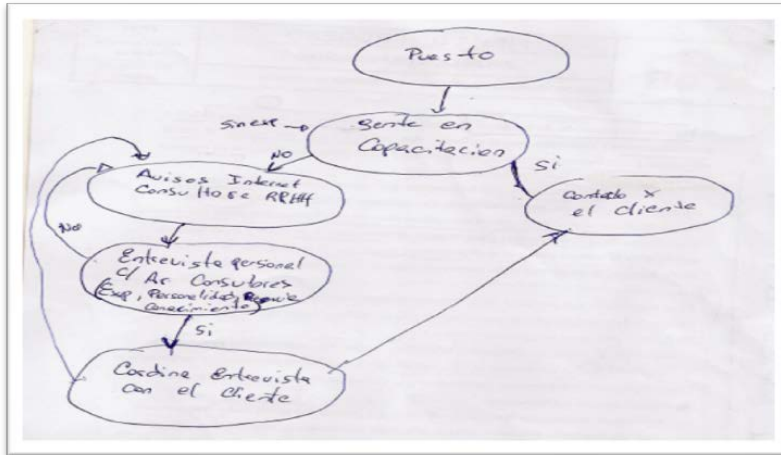
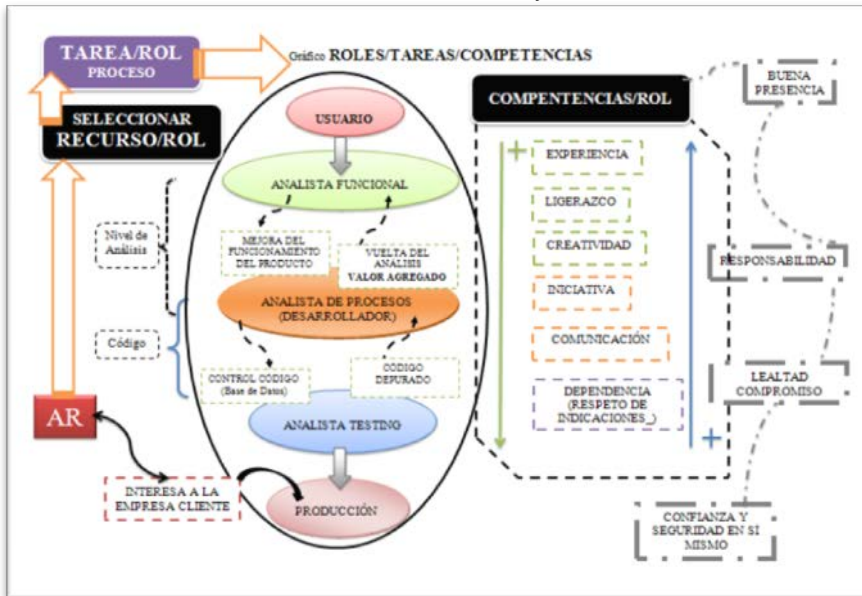


FIGURA 3. Esquema construido conjuntamente por los Socios Gerentes, el Gerente de Desarrollo y los facilitadores



En la Tabla 1 se prosigue con la identificación de condiciones de incertidumbre situacional, complejidad y conflicto para cada una de las

situaciones actuales que se requiere transformar; situaciones implicadas en la situación problemática que se intenta esclarecer.

TABLA1. Condiciones de incertidumbre situacional, complejidad y conflicto.

Situación actual	Condiciones
Los recursos no comparten tiempo ni espacio físico	Incertidumbre en el Ambiente de trabajo: los recursos no conocen suficientemente la cultura de la organización.
	Incertidumbre de los Valores que guían: el mercado actual genera una alta demanda de los recursos especializados en informática, dado el polo tecnológico existente, situación que restringe la disponibilidad de recursos competentes para incorporar. A esto se suma que los recursos, en su mayoría, son jóvenes pertenecientes a la llamada Generación Y (nacidos a partir de 1980).
Los recursos no comparten tiempo ni espacio físico	Incertidumbre de las Relaciones de Agenda: Los recursos deben responder a la empresa-cliente a través del líder de proyecto y a la organización a través de los referentes designados por la organización.
	Complejidad: Los recursos trabajan en diferentes proyectos para diferentes empresas-clientes. Deben integrarse a equipos de trabajo conformados por ellos, por recursos de dicha empresa-cliente y de otras organizaciones. A esto se suma la alta demanda de los recursos especializados en informática y el hecho de que éstos en su mayoría, son jóvenes pertenecientes a la llamada Generación Y.
	Conflicto: Los equipos de trabajo están formados por recursos de la organización <i>outsourcing</i> , de las empresas-clientes y de otras organizaciones. Esta diversidad de filiación puede generar confrontación.
La gestión de recursos humanos ofrece múltiples oportunidades de mejora	Incertidumbre en el Ambiente de trabajo: La gestión de recursos humanos es realizada en la actualidad por el Gerente de Desarrollo y los Socios Gerentes. No están definidos claramente los procesos de selección, asignación y capacitación de recursos.
	Incertidumbre de los Valores que guían: Los contratos se negocian con las empresas-clientes.

Situación Actual	Condiciones (cont.)
<p>La gestión de recursos humanos ofrece múltiples oportunidades (cont.)</p>	<p>Incertidumbre de las Relaciones de Agenda: Los Socios Gerentes deciden la asignación de los recursos a proyectos de acuerdo a los criterios económicos y legales. El Gerente de Desarrollo, en tanto, decide la asignación del recurso a proyecto en base a los criterios técnicos,</p>
	<p>Complejidad: La organización <i>outsourcing</i> negocia esquemas de trabajo y horarios con las Empresas-Clientes. Por otra parte las empresas-clientes deciden la incorporación definitiva del recurso previamente seleccionado por el Gerente de Desarrollo.</p>
	<p>Conflicto: Los recursos se sienten fuertemente atraídos por la cultura y los valores de la empresa-cliente en la que desarrollan sus tareas.</p>
<p>El proceso de selección y asignación de recurso idóneo para un rol requerido en un proyecto, ofrece múltiples oportunidades de mejora.</p>	<p>Incertidumbre en el Ambiente de trabajo: Las competencias requeridas para un puesto determinado no están claramente definidas y los modos de evaluarlas presentan inconsistencias</p>
	<p>Incertidumbre de los Valores que guían: Las competencias requeridas para cada puesto suelen variar de selección en selección.</p>
	<p>Incertidumbre de las Relaciones de Agenda: La falta de evidencia empírica de las competencias dificulta el proceso de asignación de un recurso a un puesto, en situación de urgencia.</p>
	<p>Complejidad: La organización <i>outsourcing</i> debe realizar la asignación de los recursos, en base a las competencias definidas y a los requerimientos de las empresas-clientes, la urgencia de los pedidos y el grado de compromiso con la empresa-cliente.</p>
	<p>Conflicto: La urgencia de los pedidos aumenta el ritmo de rotación de los recursos lo cual puede generar insatisfacción en la empresa-cliente</p>

Situación actual	Condiciones (cont.)
La figura del Referente no está definida	Incertidumbre en el Ambiente de trabajo: La falta de definición no permite un buen ejercicio del rol.
	Incertidumbre de los Valores que guían: El Rol de Referente es asumido de hecho y cada persona lo desempeña según su percepción.
	Incertidumbre de las Relaciones de Agenda: No hay claridad en el modo de hacer los reportes al Gerente de Desarrollo.
La figura del Referente no está definida (cont.)	Complejidad: En los equipos de trabajo interactúan distintas entidades (tanto personas como organizaciones).
	Conflicto: Se plantea una doble relación de dependencia.
No se han realizado estudios para conocer el impacto de las variables económicas y no económicas en la permanencia de un recurso.	Incertidumbre en el Ambiente de trabajo: El arreglo contractual se adapta a cada situación particular.
	Incertidumbre de los Valores que guían: No hay claridad acerca de las cuestiones a considerar a la hora de seleccionar un recurso.
	Incertidumbre de las Relaciones de Agenda: Los recursos son tentados por otras empresas y pueden abandonar el proyecto antes de lo previsto.
	Complejidad: Las condiciones de mercado influyen sobre las variables económicas y no económicas.
	Conflicto: La deserción anticipada genera trastornos en el avance de los proyectos.

Como una manera de continuar con la extracción de la información de la situación problemática planteada se prosigue con los análisis 1, 2 y3 los que se sintetizan en la Tabla 2.

TABLA 2. Análisis 1, 2 y 3

Análisis 1, referido a la identificación y caracterizan los roles	
Cliente	Incluye tanto a los beneficiarios de las transformaciones como a los perjudicados por las mismas. Para el presente caso de estudio, las empresas-clientes, los recursos y la escuela de capacitación perteneciente a la organización <i>outsourcing</i> se reconocen como clientes. En términos de beneficios, la mejora del proceso de selección de los recursos en la organización <i>outsourcing</i> se traducirá en una mejora en la calidad de los productos desarrollados por las empresas-clientes. Por otra parte, al transparentar dicho proceso, los recursos se verán beneficiados ya que podrán reorientar sus esfuerzos y mejorar su performance, con el acompañamiento permanente de la escuela de capacitación. Ésta última organiza la formación de los recursos en base a los requerimientos técnicos que especifican las empresas-clientes.
Dueños	Se consideran a los Socios Gerentes que tienen a su cargo la decisión última en relación a la implementación del conjunto de transformaciones propuestas y los criterios de control para las mismas; y al Gerente de Desarrollo que tiene a su cargo la puesta en marcha del conjunto de transformaciones propuestas.
Facilitadores	Equipo de investigadores, mediadores del proceso de aprendizaje organizacional.

Análisis 2, referido a la identificación y caracterización de las dinámicas socio-culturales
Los recursos no comparten el mismo espacio físico y a menudo no comparten actividades.
Los recursos trabajan en diferentes horarios. Se atienden proyectos con diferentes niveles de urgencia.
Los equipos de trabajo están formados por recursos tanto de la organización <i>outsourcing</i> como de la empresa-cliente o de otras organizaciones.
Los recursos y equipos de trabajo en general, deben integrarse a los grupos de las empresas-clientes, atender a sus esquemas y modos de organización.
El mercado actual genera una alta demanda de los recursos especializados en informática, dado el polo tecnológico existente, situación que restringe la disponibilidad de recursos competentes para incorporar.

Análisis 2, referido a la identificación y caracterización de las dinámicas socio-culturales (cont.)
Los recursos, en su mayoría, son jóvenes pertenecientes a la llamada Generación Y (nacidos a partir de 1980).
La organización <i>outsourcing</i> tiene un Sistema de Calidad certificado bajo Normas ISO 9001:2008.

Análisis 3, referido a la identificación y caracterización de las relaciones de poder	
Socios Gerente	Negocian los contratos con las empresas-clientes, definen políticas de la organización, verifican que se cumplan las políticas definidas. Deciden la asignación del recurso a proyecto de acuerdo a los criterios económicos y legales.
Empresas-clientes	Negocian esquemas de trabajo, negocian honorarios, deciden la incorporación definitiva del recurso previamente seleccionado y verifican que se cumplan los esquemas de trabajo
Gerente de Desarrollo	Decide la asignación del recurso a proyecto de acuerdo a los criterios técnicos, implementa las políticas de la organización definidas por los Socio Gerentes, media entre los Socio Gerente, empresa-cliente y recurso, mantiene una comunicación fluida con los Socio Gerente, los líderes y referentes de proyectos.
Líderes de proyectos	Definen los requisitos iniciales del proyecto, coordinan la ejecución del esquema de trabajo, controlan que el avance sea adecuado para el proyecto y para cada uno de los recursos, dependen de la Empresa Cliente y la representan.
Referentes de proyectos	Reportan al Gerente de Desarrollo situaciones problemáticas del equipo de trabajo al que pertenecen, facilitan la comunicación entre los recursos y de los recursos con el Gerente de Desarrollo.
Recursos	Trabajan bajo la supervisión del Líder de Proyecto.
Escuela de Capacitación	Recibe los requisitos para la capacitación de parte del Gerente de Desarrollo, de acuerdo a los requerimientos de las empresas-clientes.
Recursos en Capacitación	Reciben la formación técnica específica para integrar un proyecto.

Implementación de la Fase 2: La base de datos **CATWOE** se muestra en la Tabla 3. Esta base de datos resume las descripciones expuestas en los tres análisis precedentes, cuenta con siete columnas cada una de las cuales se define en párrafos anteriores. Cada transformación propuesta se desglosa en una entrada (situación actual) que se detalla en la tercera columna de la tabla, una salida esperada (situación ideal) que se muestra en la cuarta columna y la justificación de esta transformación en la quinta columna.

A partir del **CATWOE** se logra un conocimiento más claro del contexto en el que se ubica la situación problemática planteada, respecto de la necesidad de promover en sus recursos humanos (recursos) un sentido de pertenencia que consecuentemente implique la fidelización de los mismos.

En la Tabla 4 se presentan las definiciones raíces de las cinco transformaciones propuestas para la organización *outsourcing* de servicios informáticos que ocupa nuestro interés.

TABLA 3. CATWOE

Cliente	Actores	Actual	Ideal	Razones que justifican la TRANSFORMACION	Propietario	Restricciones
<ul style="list-style-type: none"> • Empresa-Cliente • Recursos • Organización outsourcing 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente de Desarrollo • Socios gerente 	No comparten tiempo y espacio físico.	Las dinámicas habituales de trabajo incluyen momentos y espacios para compartir.	Los espacios y tiempos compartidos aumentan la cohesión del grupo y generan fidelización.	Empresa Cliente Socios Gerentes	<ul style="list-style-type: none"> • Urgencia de los Proyectos • Distribución geográfica • Horarios de los recursos
<ul style="list-style-type: none"> • Empresa-Cliente • Recursos • Organización outsourcing 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente de Desarrollo • Facilitadores 	La gestión de RRHH ofrece múltiples oportunidades de mejora	Desarrollo de un adecuado Sistema de Gestión de RRHH	Va a facilitar la selección y asignación de los recursos. Permite explicitar y observar las competencias requeridas.	Socios Gerentes	<ul style="list-style-type: none"> • Requerimientos del Sistema de Calidad
<ul style="list-style-type: none"> • Empresa-Cliente • Organización outsourcing • Recursos 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente de Desarrollo • Referentes • Facilitadores 	El proceso de selección y asignación de recurso idóneo para un rol requerido en un proyecto ofrece múltiples oportunidades de mejora	Disponibilidad de una metodología que posibilite selecciones y luego asignar un recurso idóneo para un rol requerido en un proyecto; de modo que este proceso se sustente en evidencia empírica y que mejore la confiabilidad de dicho recurso.	Va a facilitar y optimizar la selección y asignación de los recursos. Permite explicitar, observar y mensurar las competencias requeridas. Permite realizar comparaciones entre los recursos basadas en evidencia empírica.	Socios Gerentes Gerente de Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • Urgencia de los Proyectos • Horarios de los recursos • Sistema de calidad • Características propias de la Generación Y • Permanencia de los recursos • Elevada demanda de los recursos • Disponibilidad de información
<ul style="list-style-type: none"> • Empresa-Cliente • Recursos • Organización outsourcing 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente de Desarrollo • Referentes • Facilitadores 	La figura del Referente no está definida	Desarrollo del Rol de Referente y potenciación del mismo.	Los Referentes podrían captar y canalizar información sobre necesidades de los clientes y de los recursos. Pueden promover la cohesión y fidelización.	Socios Gerentes	<ul style="list-style-type: none"> • Características propias de la Generación Y • Permanencia de los recursos. • Urgencia de los Proyectos
<ul style="list-style-type: none"> • Gerente de Desarrollo • Organización outsourcing 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitadores 	No se han realizado estudios para conocer el impacto de las variables económicas y no económicas en la permanencia de un recurso	Disponibilidad de un modelo que permita conocer el impacto de variables económicas y no económicas en la permanencia del recurso	Permitiría predecir el comportamiento de los recursos en cuanto a su permanencia en la empresa. Permitiría potenciar actividades de capacitación.	Socios Gerentes	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de calidad • Disponibilidad de información • Urgencia de los Proyectos • Elevada demanda de los recursos • Distribución geográfica • Horarios de los recursos • Sistema de calidad

TABLA 4. Definiciones Raíces de las transformaciones

	Definición RAÍZ	Nota
T1	La Gerencia debe desarrollar modalidades de trabajo que incluyan momentos y espacios para compartir, ya que estos aumentan la cohesión del grupo y generan fidelización.	La organización realiza acciones tendientes a lograr la fidelización, pero las mismas son insuficientes.
T2	El desarrollo de un adecuado sistema de gestión de recursos humanos va a facilitar la selección, asignación y gestión general de los recursos.	El Gerente de Desarrollo y los Socios Gerentes superponen funciones en la gestión de las personas.
T3	El desarrollo de una metodología que posibilite seleccionar y luego asignar un recurso idóneo para un rol requerido en un proyecto; de modo que este proceso se sustente en evidencia empírica permitirá mejorar la eficacia y eficiencia de dicho proceso de selección	La selección y asignación de recursos a un puesto está a cargo del Gerente de Desarrollo, no se tiene un procedimiento sistémico.
T4	El desarrollo del rol de Referente ayudará a captar y canalizar información sobre necesidades de los clientes y de los recursos. De modo adicional promueven la cohesión y fidelización.	En la actualidad el Rol de Referente no está claramente definido.
T5	La disponibilidad de un modelo cuyas entradas sean las variables que impactan en los comportamientos de los recursos y cuyas salidas sean los comportamientos esperables en los recursos; permitirá predecir la confiabilidad del recurso y contribuirá a mejorar las políticas de retención de los mismos.	Es prioritario mejorar las políticas de retención de los recursos.

Hasta aquí se consigue la identificación de las condiciones de incertidumbre, complejidad y conflicto y la implementación de las fase 1 y fase 2 de SSM reconfigurada, A partir de esto, se logra información para estructurar y definir de modo más riguroso la situación problemática planteada por la organización *outsourcing*, respecto de su interés en

promover en sus recursos un sentido de pertenencia que consecuentemente implique la fidelización de los mismos.

En próximas intervenciones del equipo de investigación con la participación activa de los actores del problema, se va a implementar la fase 3 tendiente a la concreción de las transformaciones propuestas, a través del diseño y puesta en marcha del sistema de actividades humanas y los correspondientes criterios de control.

3. CONCLUSIONES

Este trabajo describe una experiencia de aplicación deSSM reconfigurada, metodología enmarcada en la Investigación Operativa Blanda y recomendada para el abordaje de problemas de toma de decisiones en ausencia de datos claros.

Hasta el momento el equipo de investigación conjuntamente con los actores y dueños del problema, implementan dos de las tres fases de SSM reconfigurada. Se identifican además las condiciones de incertidumbre, complejidad y conflicto, que caracterizan el problema planteado. Como productos de la instrumentación de dichas fases se logra: esclarecer la situación emergente de un contexto en ausencia de datos claros, construir una definición rigurosa del mismo y generar una serie de transformaciones entendidas como cambios sistemáticamente convenientes y culturalmente factibles.

La dinámica que establece SSM reconfigurada, evidencia aportes positivos dado que genera un entorno de aprendizaje constructivista, que exige a los investigadores constantes cambios, reflejados generalmente en la realización de modificaciones permanentes en los planes de acción, en el marco de la investigación-acción. En tanto, los actores del sistema encuentran apertura, confianza y discernimiento para reconocer, expresar preocupaciones y definir las de manera rigurosa -en términos de cambios que operen como timón y dirección de la promoción de un sentido de pertenencia de los recursos *outsourcing*.

En las próximas etapas del estudio, se planea abordar la construcción y ejecución de una planificación de acciones, a partir de las cuales se cristalicen las cinco transformaciones propuestas. Al mismo tiempo, se propone plantear un plan de seguimiento y control que se materialice a partir de la definición e instrumentación de cinco criterios de control: eficacia, efectividad, eficiencia, ética y elegancia.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackoff, R. (1981): *The art and science of mess management*. Interfaces, vol. 11, pp:20-26
- Cabrera, G., Salamon, A., Boaglio, L., Conforte, J., Pedrotti, B. (2013): *Estructuración de problemas con investigación operativa soft. Selección de personal outsourcing para el desarrollo de sistemas software*. Publicado en: Zanazzi, J., Alberto, C., Carignano, C. (2013) *Aplicaciones multi metodológicas para la gestión y evaluación de sistemas socio-técnicos*. UNC. Argentina, vol. I, pp: 160-179.
- Checkland, P. (1981): *Rethinking a systems approach*. Journal Applied Systems Analysis,8, pp 3-14.
- Checkland, P. (1985): *Achieving desirable and feasible change: na application of soft systems methodology*. J Oper Res Soc 36, pp. 821–831.
- Checkland P. (1989):*Soft systems methodology*. Publicado en: Rosenhead, J. (ed) *Rational analysis for a problematic world: problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*. Wiley, Chichester, pp. 71–100
- Checkland, P. (1999): *Systems thinking, systems practice*. Wiley, Chichester.
- Checkland, P. (2000): *Soft systems methodology: a thirty year retrospective*. Syst Res BehavSci, 17, pp. 11–58
- Checkland, P. (2001): *Soft systems methodology*. Publicado en Rosenhead J, MingerS J (eds.) *Rational analysis for a problematic world revisited: problem structuring methods for complexity*. Wiley, Chichester
- Eden, C. y Jones, S. (1984): *Using repertory grid for problem construction*. European Journal of operational research, 35 (9), pp. 779-790.
- Franco, L. y Lord, E. (2011): *Understanding multi-methodology: Evaluating the perceived impact of mixing methods for group budgetary decisions*. Omega, 39, pp 362–372.
- Friend, J. (1989): *Soft systems methodology*. Publicado en: Rosenhead J (eds.) *Rational analysis for a problematic world problem structuring*

methods for complexity, uncertainty and conflict. Wiley, Chichester, 121–158.

Georgiou, I. (2006): *Managerial effectiveness from a system theoretical point of view*. Systemic Practice and Action Research 19, pp. 441–459.

Georgiou, I. (2008): *Making decisions in the absence of clear facts*. European Journal of Operational Research 185, pp. 299–321.

Jacson, M. y Keys, P. (1984): *Towards a system of systems methodologies*. J. Opl. Res. Soc, 35, pp. 473-486.

Mingers, J. (2011): *Soft OR comes of age – but not everywhere!* Omega, doi: 10.1016 / j.omega. 2011.01.005

Silva Barros, P., Castellini, M. y Belderrain, M. (2012): *A systematic planning for improvements in a program of urban food harvest, using the new configuration of soft systems methodology*. Group Decision and Negotiation, Recife, Brasil.

Silva Barros, P., Castellini, M. y Belderrain, M. (2013): *Soft systems methodology for improvements in a program of urban food harvest*. Publicado en: Zanazzi, J., Alberto, C., Carignano, C, (2013). *Aplicaciones multi metodológicas para la gestión y evaluación de sistemas socio-técnicos*. UNC. Argentina, vol. I.

Rittel, H. y Webber, M. (1973): *Dilemmas in a general theory of planning*. Policy Sci., 4, 155-169.

Rosenhead, J. (1989). *Rational Analysis for a Problematic World: Problem Structuring Methods for Complexity. Uncertainty and Conflict*. Wiley, Chichester.

Rosenhead, J. y Mingers, J. (2001): *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: Problem Structuring Methods for Complexity*, second ed..Uncertainty and Conflict Wiley, Chichester.

Rosenhead, J., Mingers, J. (2004): *Análisis racional reestudiado para un mundo problemático: métodos para estructurar problemas en condiciones de complejidad, incertidumbre y conflicto*. Instituto Venezolano de Planificación, España.

ValquiVidal, R. (2010): *La investigación de operaciones: un campo multidisciplinario*. Operational Research: A multidisciplinary Field, pp. 47-52.

MÉTODOS MULTIVARIANTES PARA SEGMENTAR PREFERENCIAS. REFERENTES Y APLICACIÓN

LAURA L. BOAGLIO

BEATRÍZ I. PEDROTTI

ALICIA G. SALAMON

ANALÍA GONZÁLEZ

PALABRAS CLAVE

Técnicas multivariantes – Procesos DRV – Segmentación – Preferencias

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, se ha extendido y profundizado el estudio de las motivaciones, preferencias y valores, emergentes de personas insertas en escenarios de decisión. Esto debido principalmente a que este conocimiento situacional, constituye una base fundamental para delinear políticas específicas, generalmente orientadas a la selección, análisis y optimización de condicionantes en su ámbito de su aplicación.

Los investigadores de diversas disciplinas, como la Economía, la Sociología, la Psicología, el Marketing y la Educación, han seleccionado e implementado modelos, proporcionados principalmente por la matemática y en particular por la estadística, para explicar y predecir el comportamiento relativo a una determinada elección.

Algunas de las estrategias más requeridas últimamente, son las técnicas estadísticas multivariantes aplicadas a la identificación de actitudes frente a diversos estímulos. Esto referido a las actuaciones y con intención de determinar los motivos por los cuales las personas deciden de un modo u otro. Es decir, en vez de investigar cuáles son las preferencias, el objetivo es analizar los motivos de esas preferencias.

Entre las técnicas multivariantes más aplicadas con esta finalidad, se encuentran la Escala Multidimensional y el Análisis Conjunto. La primera esta constituida por una serie de herramientas utilizadas para representar datos mediante una configuración de puntos dada una determinada información sobre proximidades entre objetos. El Análisis Conjunto tiene una mecánica similar a la de un diseño de experimentos, donde se adoptan diferentes variables de respuesta y se valora la

variación de las mismas, debido al efecto de una cierta cantidad de factores.

Otro enfoque multivariante con propósitos similares, es el planteado por la metodología Procesos DRV (Decisión con Reducción de la Variabilidad) Zanazzi et al (2009), que utiliza conjuntamente recursos matemáticos de la MAUT (Multi-attribute Utility Theory) y de la estadística. En particular, la metodología proporciona herramientas que permiten el estudio de la variabilidad de las opiniones emitidas, mediante una función de utilidad cardinal, por un grupo de personas. El comportamiento de esa variabilidad permite detectar agrupaciones de características comunes.

En este trabajo, además de caracterizar las técnicas multivariantes antes nombradas, se presenta una experiencia de aplicación de herramientas propias de la metodología Procesos DRV, que permite evidenciar en la práctica sus procedimientos y posibilidades para valorar actitudes y segmentar poblaciones. En esta experiencia se examinan las razones que inciden en los estudiantes de Ingeniería, de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, para escoger estudiar esa carrera. En este contexto de aplicación, previo a su ejecución, se diseña un instrumento discriminador necesario para establecer relaciones entre opiniones y características.

Por otro lado, es importante señalar, que la génesis de este trabajo está presente en los anales del encuentro *XXIV EPIO-XXVI ENDIO*, realizado en Córdoba en el año 2013. En dicha instancia, es sometido a referato y obtenido la aceptación del comité científico correspondiente.

Respecto a la estructura de organización de esta presentación, se observa que, en principio se describen los fundamentos y principales conceptos teóricos utilizados por las versiones básicas de los métodos multivariantes denominados Análisis Conjunto y Escalamiento Multidimensional. A continuación se desarrollan las características del modelo aleatorio multivariado para un segmento de preferencias homogéneas, que es base de la metodología Procesos DRV. Posteriormente se presenta la experiencia de aplicación. En la misma se explicitan los elementos considerados para la construcción del instrumento y para la implementación de la encuesta. También se detallan los resultados obtenidos del procesamiento, conforme a la metodología propuesta, de los datos recolectados. Finalmente se exponen las conclusiones derivadas de las exposiciones realizadas.

2. REFERENTES MULTIVARIANTES EN MEDICIÓN DE PREFERENCIAS

El análisis multivariante en estadística, estudia, analiza, representa e interpreta datos que resultan de observar un número mayor que uno de variables estadísticas sobre una muestra de n objetos. Generalmente la información multivariante de entrada es una matriz de datos y con frecuencia consiste en una matriz de similaridades que miden discrepancias entre objetos.

Para el estudio de las preferencias de las personas, sobre objetos o atributos, es creciente la importancia otorgada a las técnicas multivariantes con herramientas provistas por la estadística. Esto debido a que un enfoque multivariado permite obtener cuantificaciones simultáneas, para individuos y atributos en un espacio común, de tal modo que estas cuantificaciones pueden ser utilizadas en análisis posteriores. Esta medición en general se complementa con la segmentación, es decir, analizar una población y determinar subgrupos dentro de la misma que comparten el mismo accionar. En un paso más allá, para cada uno de los segmentos se busca identificar cuáles son las opiniones imperantes en ese segmento o dicho de otro modo, cuáles son los criterios que se consideran para que se prefiera una cosa o la otra y además, inferir las diferencias entre los mismos.

Entre las técnicas multivariadas más aplicadas en el estudio de preferencias se encuentran el Análisis Conjunto (Carroll & Green, 1995; Ferreira, Rial & Varela, 2009; Rial, Ferreira & Varela, 2010) y el Escalamiento Multidimensional (Carroll 1972, 1980; Green & Rao, 1972; James, 1972).

Estas técnicas se originan en el siglo XX, dentro del campo de la Psicología dedicado a investigar las incidencias de la subjetividad en las percepciones y por tanto en las elecciones externas que realizan las personas. Actualmente son las técnicas más utilizadas particularmente para el estudio de las preferencias de los consumidores hacia productos y servicios.

A continuación se describen los modelos generales planteados por las técnicas mencionadas y algunas de sus características más destacables.

2.1. Análisis conjunto

El análisis conjunto (Conjoint Analysis) se fundamenta en el supuesto de que una persona toma decisiones en base a la evaluación conjunta de varios atributos presentes en el objeto de decisión, sea este

real (producto-servicio) o abstracto (idea-concepto). Entonces, asume que la medida de la preferencia en términos de utilidad de una persona por un objeto está en función de las utilidades parciales asociadas a una serie de sus atributos. Esto le permite explicar de forma cuantitativa las preferencias de los encuestados, para hacerlo utiliza la lógica de los diseños experimentales y el ajuste de modelos lineales.

Para implementar un análisis conjunto es necesario identificar los atributos o factores que especifican al objeto de preferencia y establecer niveles en los mismos. Los niveles deben contemplar posibles variaciones dentro de cada atributo. Posteriormente deben realizarse combinaciones de niveles de atributos hasta conformar un conjunto de perfiles reales o hipotéticos. Cada perfil, también denominado tratamiento o estímulo, es una caracterización del objeto.

La elección de los perfiles merece especial atención ya que son lo único que evalúan los encuestados, mediante alguna modalidad orientada a la ordenación o asignación de puntuación de los elementos de decisión involucrados. En general, el número total de combinaciones posibles de niveles de atributo constituye una gran cantidad de perfiles que no resulta viable de evaluar por un encuestado. Entonces, para determinar los perfiles, frecuentemente se opta por la aplicación de un diseño factorial fraccionado para obtener un número aceptable de evaluar, sin que exista correlación entre atributos.

Otra etapa a contemplar es la modalidad de recolección de datos ya que existen varias alternativas para su instrumentación y es necesario seleccionar una conforme a las características particulares del estudio.

Posteriormente es necesaria la elección de un modelo, este es un modelo explicativo en el que la variable a explicar son las evaluaciones de preferencias de los individuos sobre el conjunto de combinaciones y las variables explicativas son los niveles de los atributos seleccionados para definir las combinaciones. El modelo se define mediante una regla de composición que describe cómo combina el encuestado los componentes parciales de la utilidad total de los factores para obtener el valor conjunto. La regla de composición más comúnmente utilizada es el modelo aditivo. Este modelo considera que la preferencia de un individuo por un estímulo se obtiene sumando las utilidades parciales asignadas a los niveles de los factores que constituyen dicho estímulo. Si se tienen que evaluar las preferencias sobre T estímulos ($t = 1, \dots, T$), formadas por I atributos ($i = 1, \dots, I$) de k_j niveles ($j = 1, \dots, k_i$). El modelo descriptor de la evaluación de preferencia sobre el estímulo t es el siguiente:

$$y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{k_j} \beta_{ij} x_{ij} + e_t \quad (1)$$

Donde: β_0 y β_{ij} son los parámetros del modelo, x_{ij} la variable explicativa que es dicotómica, es decir vale 1 si el nivel está presente en el atributo que forma el estímulo y vale 0 en caso contrario y e_t es un término de error.

Una vez recolectados los datos, es posible realizar su procesamiento mediante un software, que permite estimar los parámetros del modelo conjunto y realizar análisis de fiabilidad y validez del mismo.

Respecto a los resultados es posible interpretar utilidades parciales y utilidad global de un objeto, estimar la utilidad global de distintas combinaciones no evaluadas directamente, determinar la importancia de los atributos y realizar segmentaciones.

Existe acuerdo, entre los investigadores, en considerar que la calidad de la información final, producto de la aplicación del análisis conjunto, depende de varias causas. Entre las principales se tienen, la adecuación del diseño general planteado para la implementación y el cuidado de las condiciones experimentales y de los aspectos metodológicos.

2.2. Escalamiento multidimensional

El escalamiento multidimensional (Multi Dimensional Scaling, MDS) es una técnica multivariante que representa en un espacio geométrico de pocas dimensiones las proximidades existentes entre un conjunto de elementos de cualquier naturaleza. Es decir, posibilita visualizar sobre un mapa un conjunto de elementos-objetos, frecuentemente denominados estímulos; cuya posición relativa permite comprender cómo las personas encuestadas perciben estos estímulos y qué percepciones-atributos, no declarados, consideran al emitir los juicios bajo análisis. Cabe destacar entonces, que la aplicación de esta técnica no requiere un conocimiento previo de los criterios que los sujetos utilizan al emitir sus juicios sobre los elementos a comparar.

Existe una gran variedad de versiones de MDS, opciones desarrolladas por numerosos investigadores. Es dificultoso realizar una clasificación y síntesis de las mismas, esto debido a que consideran distintos modelos, algoritmos y programas. Asimismo, coinciden o difieren en aspectos tales como, recolección de datos, empleo de escalas métricas y no métricas, matrices de entrada y otros.

El modelo básico de escalamiento multidimensional analiza juicios de similitud o disimilitud que los sujetos encuestados manifiestan en relación con todas las posibles combinaciones de pares de objetos a

investigar. Es decir cada encuestado proporciona una matriz cuadrada donde consigna valoraciones resultantes de las comparaciones de a pares. El MDS transforma estos juicios en distancias susceptibles de ser representadas en un espacio geométrico.

Es posible decir que, en general el MDS toma como entrada una matriz de proximidades Δ , de tamaño n , y tiene como salida una matriz X , de tamaño $n \times m$, de coordenadas donde n es el número de estímulos y m es el número de dimensiones del espacio.

El MDS métrico, que para mensurar proximidades utiliza escalas de intervalo o de razón, para proporcionar como salida la matriz X de coordenadas, realiza varias transformaciones sobre la matriz original Δ . Primero, con la idea de que las distancias son una función de tipo lineal de las proximidades, y de manera de respetar los tres axiomas de la distancia euclídea (no negatividad, simetría y desigualdad triangular), a partir de Δ genera una matriz de distancias D de tamaño n . Luego, con la matriz D de elementos d_{ij} , compone otra matriz B de tamaño n de productos escalares y de elementos b_{ij} que obtiene como sigue:

$$b_{ij} = - \frac{1}{2} \left(d_{ij}^2 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{ij}^2 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{ij}^2 + \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij}^2 \right) \quad (2)$$

Finalmente, mediante algún método de factorización, transforma a la matriz B de tamaño n en la matriz de coordenadas X de tamaño $n \times m$ de modo tal que se verifique $B = X \cdot X'$.

Sea un MDS métrico o no métrico utiliza coeficientes que informan sobre la bondad del modelo, es decir del ajuste entre las proximidades dadas y las distancias obtenidas. Existen varias medidas utilizadas con esta finalidad que requieren de distintas interpretaciones para determinar si el modelo es adecuado o no.

El MDS básico, que respeta el modelo general descripto, es la forma más sencilla de escalamiento ya que tiene por entrada una única matriz cuadrada de similitudes. Para analizar datos conformados por más de un matriz de similitudes se utilizan otras modelizaciones. Mediante estos escalonamientos se obtiene una representación espacial de los atributos o dos representaciones separadas, es decir una para los atributos y otra para los encuestados en espacios diferentes.

Es importante destacar que para el análisis de preferencias frecuentemente interesa representar en el mismo espacio los objetos-atributos y los encuestados. Para hacerlo es necesario apelar a un tipo de escalamiento multidimensional denominado conjunto. La posición de las personas en el espacio conjunto pretende indicar sus preferencias

respecto a objetos o atributos. En este caso es necesario asumir homogeneidad en las percepciones de los encuestados en relación con el conjunto de objetos, ya que esto permite atribuir las diferencias exclusivamente a las preferencias. El escalamiento multidimensional conjunto también se conoce con el nombre de desdoblamiento multidimensional. En Luque Martínez (2000) es posible encontrar aplicaciones de desdoblamiento multidimensional en dos modalidades realizadas con el software estadístico SPSS. Una denominada interna que utiliza como entrada una matriz rectangular de preferencias, donde las filas son los individuos y las columnas son los objetos o atributos a evaluar. Genera una posición óptima para cada encuestado, que define la preferencia relativa, de modo que los objetos más alejados de esa posición son los menos preferidos. Otro desdoblamiento multidimensional denominado externo, que necesita como entrada dos matrices una de preferencias y la matriz de coordenadas de los atributos-objetos, calcula las posiciones óptimas de los encuestados en relación con posiciones fijas de objetos.

Es posible decir que, en general MDS genera evaluaciones de todos los objetos considerados y por tanto también proporciona una solución por individuo y no requiere la previa especificación de los criterios de evaluación (atributos) que pueden ser inferidos a partir de las medidas globales de similitudes entre objetos.

2.3. Modelo Aleatorio Multivariado. Procesos DRV

Este modelo multivariante, para el estudio de las preferencias, es aplicable sólo si es posible mensurar las preferencias bajo análisis mediante una función de utilidad cardinal. Se inserta en la metodología Procesos DRV (Decisión con Reducción de la Variabilidad), desarrollada para la toma de decisiones grupales, dado un contexto modelable mediante DMD (Decisión Multicriterio Discreta).

Esta técnica contempla que en las instancias en las que se recopilan valoraciones individuales sobre elementos de decisión de los integrantes de un grupo, mediante una función de utilidad cardinal, si se realiza un estudio de la variabilidad de las valoraciones asignadas, la existencia de posturas comunes debe evidenciarse en el comportamiento de estas valoraciones. Según Zanazzi et al. (2008 y 2009), es posible suponer que cuando existe homogeneidad en las preferencias las valoraciones de las utilidades asignadas a los elementos comparados tienen distribuciones marginales normales.

Dado un grupo de N individuos, con $n=(1, 2, 3, \dots, N)$, que mensura K elementos a comparar en el análisis de un problema de decisión, la

variabilidad de las utilidades asignadas en forma individual, puede ser representada mediante una variable aleatoria de K dimensiones. Para el estudio de variables de este tipo, es necesario definir dos propiedades: las distribuciones de probabilidad marginales y la matriz de correlaciones cruzadas.

Respecto a las distribuciones marginales, sea \mathbf{U}_k la variable aleatoria que representa la utilidad adjudicada al elemento k, con $k = (1, 2, 3, \dots, K)$, expresada como utilidad normalizada con la regla de la suma. Es razonable pensar que cuando los diferentes integrantes realizan su valoración individual, asignan mayor o menor peso a cada elemento dependiendo de múltiples condicionantes.

Dicho con mayor formalidad, puede proponerse que:

$$U_k = \sum_{l=1}^L Y_l \quad (3)$$

Donde las variables Y_l representan los múltiples efectos producidos por los condicionantes presentes en el decisor individual, en el momento de asignar utilidad al elemento k.

Si se supone que el grupo presenta homogeneidad en sus preferencias, situación que de aquí en más se denomina estado de "cohesión", todos estos efectos surgen de condicionantes comunes y por tanto deben tener impactos similares. Entonces, conforme al Teorema del Límite Central de probabilidades, cuando L tiende a infinito, \mathbf{U}_k debe tender a comportarse como una normal.

$$\left[N(\mu_k, \sigma_k^2) \right]$$

Este razonamiento puede considerarse válido para las distribuciones de cada uno de los elementos considerados.

Por otra parte, debido al procedimiento de normalización utilizado, las ponderaciones están linealmente relacionadas por:

$$\sum_{k=1}^K U_k = 1 \quad (4)$$

Ahora bien, si el equipo tiene cohesión, es razonable descomponer las utilidades respecto al elemento k, del siguiente modo:

$$U_k = \mu_k + \varepsilon_{kn} \quad (5)$$

Donde μ_k es la media del elemento k, en tanto que ε_{kn} , es una variable aleatoria con media cero que representa la desviación de la utilidad asignada por el individuo n respecto a la media del grupo en el elemento k. A partir de la expresión (4.2), se deduce que:

$$\sum_{k=1}^K \mu_k = 1 \quad (6) \quad \text{y además} \quad \sum_{k=1}^K \varepsilon_{kn} = 0 \quad (7)$$

Pero entonces:

$$\varepsilon_{mn} = -\sum_{k=1}^K \varepsilon_{kn} \quad (8) \quad \text{para todo } k \neq m$$

Por lo tanto, si el individuo n presenta una desviación en más respecto a la media de su grupo en uno de los elementos, este alejamiento se compensa con desviaciones en menos en el resto.

Por otra parte, las relaciones anteriores son determinantes de la matriz de correlaciones cruzadas entre los elementos. Al respecto puede considerarse que la intensidad de las correlaciones decrece con la cantidad de elementos que se comparan entre sí.

Más formalmente, sea ρ_{sr} correlación entre dos elementos cualesquiera s y r. Conforme a la expresión (8), esta correlación es siempre negativa. En el caso que sean dos los elementos comparados $\rho_{sr} = (-1)$ ue, en $\rho_{sr} > (-1)$ ue cuando $K > 2$.

Además se puede plantear en forma genérica que:

$$\rho_{sr} \rightarrow 0 \quad \text{cuando} \quad K \rightarrow \infty \quad (9)$$

Es decir que las utilidades estandarizadas, asignadas por los integrantes de un grupo que evidencia cohesión de opiniones, pueden representarse con una variable aleatoria multidimensional que tiene distribuciones marginales normales y coeficientes de correlación que tienden a cero a medida que aumenta la cantidad de elementos a comparar.

Ahora bien, puede suceder que en un grupo no exista homogeneidad en las preferencias, es decir que no evidencie un estado de cohesión. En dicha situación, es de suponer que la representación requiera de dos o más distribuciones normales, que reflejen la presencia de subgrupos homogéneos.

En resumen, conforme a esta propuesta la estructura de preferencias cuantificada con una función de utilidad cardinal estandarizada mediante la regla de la suma debe verificar las siguientes condiciones:

I. Los valores de las utilidades están en un conjunto infinito y acotado de números reales. Por ese motivo, no es factible que dos individuos coincidan exactamente en su preferencia.

II. Si los individuos presentan homogeneidad en sus preferencias las utilidades deben concentrarse de un modo que puede ser representado por la distribución Normal.

III. Si los individuos no presentan homogeneidad en sus preferencias, la representación de las preferencias del conjunto requiere de tantas normales como subgrupos homogéneos existan.

Conforme a este enfoque, es necesario realizar un análisis de la variabilidad de las valoraciones y esperar que, bajo condición de homogeneidad de preferencias, el comportamiento probabilístico de las valoraciones pueda ajustarse mediante una distribución Normal. Sin embargo, la posibilidad del ajuste de un modelo de distribución Normal, a la variable aleatoria U_k para cada elemento de decisión k , no siempre es fácil de comprobar, sobre todo si se tiene un grupo con un número reducido de integrantes. Entonces, es conveniente la incorporación de otra herramienta estadística adicional para discernir sobre el comportamiento de esta variabilidad.

Un indicador, para cotejar la variabilidad, propuesto por Zanazzi et al (2011) A, es el denominado Índice de Variabilidad Remanente (IVR), que se obtiene como sigue:

$$IVR = (SCD/SCU) \times 100\% \quad (10)$$

Donde:

$$SCD = \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N (u_{k,n} - \bar{u}_k)^2 \quad (11)$$

$$SCU = K(N-1) \frac{\left(\frac{2}{K}\right)^2}{12} = \frac{N-1}{3K} \quad (12)$$

La suma de cuadrados SCD es la que representa las diferencias entre las opiniones individuales respecto al elemento número k . El cociente SCU es una aproximación de la suma total de cuadrados en una situación tal que las verdaderas medias μ_k , de cada variable

aleatoria u_k , son iguales para todo elemento k y las distribuciones correspondientes son uniformes. Esta se considera la peor condición posible y se utiliza a los efectos de contrastar la sumatoria SCD con algún valor de referencia.

El IVR también puede utilizarse como evidencia adicional de que se alcanza el estado de cohesión. En efecto, el valor de la “suma de cuadrados dentro” incide desde la variabilidad en el comportamiento de las distribuciones marginales y cabe señalar que el comportamiento gaussiano se asocia con el control de esa variabilidad.

Corresponde entonces determinar qué valores de IVR son esperables cuando las distribuciones marginales de las utilidades son normales. La influencia de SCD sobre el indicador IVR representa una complicación ya que por supuesto, en una aplicación real dicho valor no se puede predecir. Una solución para esta dificultad es acompañar el proceso de análisis de las valoraciones, con simulaciones que permitan proponer valores críticos del IVR a partir de las dispersiones obtenidas en la práctica. Sin embargo, esto no ha sido necesario en las aplicaciones realizadas hasta el momento, en las cuales adoptar un valor de IVR, producto de varias experiencias y simulaciones controladas, de entre un 20% y un 25% ha resultado razonable.

La técnica planteada propia de la metodología Procesos DRV permite detectar agrupaciones de características comunes. Es decir posibilita identificar actitudes y segmentar poblaciones.

3. APLICACIÓN DE PROCESOS DRV EN EXAMINAR RAZONES PARA ESTUDIAR INGENIERÍA.

En el contexto del modelo inserto en la metodología Procesos DRV, descripta anteriormente, se realiza una experiencia de aplicación. En la misma se trabaja sobre las razones que inciden en los estudiantes de Ingeniería, de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, para escoger estudiar esta carrera.

Identificar las razones más influyentes en los alumnos para realizar la elección de su carrera, puede derivar en información pertinente para la selección de estrategias de aprendizaje. Estas pueden orientarse de manera de contribuir en el tratamiento de la problemática que plantea la deserción de los estudiantes

Por otro lado, es preciso considerar que para implementar esta experiencia es necesario el diseño de un instrumento que posibilite la recolección de datos. Este instrumento debe contener un conjunto de razones o criterios previamente establecidos y definidos claramente, asimismo una escala de valoraciones determinada. Esto para que la

información obtenida permita detectar patrones de comportamiento, que reflejen opiniones confiables, en las valoraciones emitidas por los estudiantes.

A continuación se detallan las instancias consideradas para diseñar el instrumento y realizar la encuesta. Asimismo se presentan los resultados obtenidos.

3.1. Diseño del instrumento y consideraciones para su aplicación

En principio, para establecer los motivos o razones para estudiar Ingeniería, a incluir en el instrumento, se contempla que éstas deben constituir un conjunto de pocos elementos para facilitar la comparación y mensura. Por otro lado, también debe procurarse que sean suficientemente exhaustivas como para contemplar la mayoría de los aspectos de atención por parte de los estudiantes. A partir de estas observaciones, para la selección de las razones, se recurre a una experiencia realizada en la Facultad de Ciencias, Exactas, Físicas y Naturales presentada en Zanazzi et al (2011) B, a experiencias similares de otras Facultades de Ingeniería y a contribuciones de la bibliografía que trata la temática.

En Zanazzi et al (2011) B, se utiliza la Técnica Repertory Grid para elicitar los motivos o criterios que conducen a la elección de una carrera universitaria. La aplicación se realiza con alumnos ingresantes a las carreras de la misma institución y se opta por la diada como procedimiento para la elicitación de las razones por parte de los entrevistados. Mediante las recurrencias observadas se obtienen las motivaciones expresadas mediante dicotomías, acorde al procedimiento de elicitación utilizado, que Kelly (1995) denomina constructos bipolares.

En la tesis doctoral de Cepero González (2010) se expone como conclusión *la decisión vocacional se alcanza como resultante de un producto multifactorial entre los diversos determinantes que confluyen en una persona al interrelacionarse, de una parte los procesos de maduración, aprendizaje, etc. y de otra, las experiencias concretas del medio donde vive*. En esta tesis se presenta una clasificación de los determinantes en *Individuales o Personales* y *Coyunturales o Contextuales* que separa claramente las características propias de la persona, de los factores que rodean a la persona al margen de su voluntad y control. En referencia a los determinantes individuales, sostiene que los alumnos eligen la carrera primero según su gusto por la misma y segundo según la afinidad entre su personalidad y las capacidades requeridas y a desarrollar en la carrera de elección. En referencia a los determinantes contextuales, destaca que *la profesión es*

el principal indicador de nivel social, además de ser sinónimo de estatus social y económico, valores muy importantes en la sociedad actual; además sostiene que se elige la profesión en segundo lugar por los ingresos económicos. Por otro lado, declara también la repercusión en la decisión vocacional de la formación educativa, la influencia de los medios de comunicación, de la familia y de la estructura económica del país donde residen los estudiantes en cuestión. Asimismo destaca la relevancia del acceso a la información y la orientación al “mundo vocacional universitario”.

Luego de explorar varios artículos, que estudian específicamente las razones de la decisión vocacional sobre las carreras de Ingeniería, como Anderson Rowland (1997), Anguelova (2001), Palmer y Bray (2006), O’Kelly (2009), Valencia Giraldo et al (2010), se extraen distintas encuestas realizadas a alumnos de estas carreras donde ellos expresan sus motivos para elegirlos. Esto permite seleccionar una serie de razones, entre las cuales es posible identificar claramente la diferencia entre los factores personales y los contextuales.

Con base en todas las consideraciones anteriores y en el contraste y agrupamiento de las razones recopiladas, se decide incluir en el instrumento cinco criterios. Estos se conforman como sigue: **P** (aspectos profesionales); **T** (temática que maneja la asignatura), **E** (expectativas económicas); **I** (investigación en disciplinas afines a la ingeniería); **H** (herencia familiar de profesión o de empresa). Para facilitar la comprensión y contribuir a homogeneizar las percepciones, estos criterios se expresan en el instrumento como afirmaciones con las cuales los estudiantes puedan identificarse. Estas son las siguientes:

I. **P**: “La Ingeniería es una profesión, que me puede brindar un amplio entorno laboral, para desarrollar mi creatividad y ponerla al servicio de mejorar la calidad de la vida humana”.

II. **T**: “La Ingeniería es una carrera, que me puede brindar conocimientos y herramientas de las ciencias exactas, para explicar y justificar el funcionamiento del mundo que me rodea”.

III. **E**: “La Ingeniería es una profesión, con rápida salida laboral, que me puede brindar estatus, prestigio y buenos ingresos económicos”.

IV. **I**: “La Ingeniería es una carrera que puede facilitar mi desarrollo académico, científico y personal”.

V. **H**: “La Ingeniería es una carrera que me permite continuar con una tradición familiar”.

Dos de estos criterios (“T” e “I”) pueden incluirse en la categoría de *Individuales y Personales*, y se orientan al desarrollo intelectual y

preferencias vocacionales. Los tres restantes (“P”, “E” y “H”) pueden incluirse en la categoría de *Coyunturales o Contextuales* y responden al ámbito social, familiar y económico en que se encuentran inmersos los estudiantes.

El criterio “P” que hace referencia al entorno laboral de la profesión, engloba los motivos recopilados sobre las características del trabajo, los retos de la posición, la variedad de oportunidades que otorga la carrera, la diversidad de entornos de inserción laboral, las ocasiones que brinda para beneficiar a la sociedad, las perspectivas de la carrera a largo plazo y el ambiente profesional de trabajo.

En cuanto al criterio “T”, de temática en las ciencias exactas, incluye la oportunidad de entender cómo funcionan las cosas, de resolver problemas de Ingeniería de la región donde se estudia, la capacidad y gusto por las matemáticas y tecnologías, interés en temas específicos de la carrera y/o interés general por la Ingeniería.

Acerca del criterio “E”, de ingresos económicos, abarca la variedad de motivos referidos a la seguridad financiera, el prestigio y status que genera la profesión, la amplia disponibilidad de empleo, el atractivo del salario inicial y la posibilidad de mejorar la calidad de vida.

El criterio “I”, de desarrollo intelectual, comprende a la ingeniería como campo propicio para encauzar la vocación por la investigación y por dimensiones académicas, como motivos primordiales en la elección de la carrera.

Por último, el criterio “H”, de herencia familiar, engloba la influencia sobre la decisión vocacional del modo de subsistencia y expectativas del entorno familiar del estudiante.

Por otra parte, en cuanto al diseño general del instrumento, este también debe contener una función de utilidad, definida claramente, que permita a los encuestados realizar la mensura de manera homogénea. La función de utilidad que se aplica surge de experiencias anteriores, Zanazzi et al (2008), sólo se decide modificar la escala. Esto a los fines de reparar en repercusiones sobre el estudio de la variabilidad con una escala de menor amplitud. Para la segmentación se incluyen además ciertos datos de la persona como ser, género, edad y carrera que cursan.

En consideración a la validez del instrumento, el mismo se aplica previamente, a modo de prueba, a un grupo de cinco estudiantes, que posteriormente no se incluyen en la muestra, pero que presentan las mismas características de los encuestados.

En la etapa de recolección de datos se procura contribuir a homogenizar las percepciones como en el caso de la prueba piloto. Se pone atención en el denominado “efecto marco” en el cual la forma de

presentación de la situación al encuestado influye en la perspectiva y por tanto en la decisión.

Cuadro 1

EXPLORACIÓN SOBRE PREFERENCIAS DE ALUMNOS DE INGENIERÍA								
<p>Generalmente, los estudiantes de Ingeniería toman la decisión de estudiar esta carrera, en atención a varios criterios que condicionan su elección. Entre estos criterios, los que aparecen como recurrentes se identifican con las siguientes afirmaciones:</p> <p>P: <i>“La Ingeniería es una profesión, que me puede brindar un amplio entorno laboral, para desarrollar mi creatividad y ponerla al servicio de mejorar la calidad de la vida humana”.</i></p> <p>T: <i>“La Ingeniería es una carrera, que me puede brindar conocimientos y herramientas de las ciencias exactas, para explicar y justificar el funcionamiento del mundo que me rodea”.</i></p> <p>E: <i>“La Ingeniería es una profesión, con rápida salida laboral, que me puede brindar estatus, prestigio y buenos ingresos económicos”.</i></p> <p>I: <i>“La Ingeniería es una carrera que puede facilitar mi desarrollo académico, científico y personal”.</i></p> <p>H: <i>“La Ingeniería es una carrera que me permite continuar con una tradición familiar”.</i></p> <p>Nos interesa que usted mensione o pondere estos criterios conforme a las prioridades que lo llevaron a elegir estudiar Ingeniería. Para hacerlo le pedimos que ejecute las siguientes instrucciones.</p> <p>1-Complete los siguientes datos:</p>								
<p>Nombre de la Carrera que estudia:</p> <p>Edad:</p> <p>Genero:</p>								
<p>2- Lea atentamente las afirmaciones anteriormente mencionadas (P, T, E, I, H) y a continuación ordene las mismas conforme a su identificación con las mismas. Consigne en la segunda fila de la tabla, que se presenta a continuación, el orden de preferencia elegido, de manera tal que la letra que va bajo la celda que dice 1^o es la más preferible</p>								
1^o	2^o	3^o	4^o	5^o				
<p>3- Exprese ahora la intensidad de sus preferencias en una escala continua en el intervalo de números reales [1, 3] de manera tal que si elige 1 señala igualdad de preferencia, y si elige un número mayor que 1 señala mayor preferencia (un 3 señala preferencia extrema). Consigne estas valoraciones en las celdas dobles, de la siguiente tabla, comparando sólo las afirmaciones contiguas en el orden que ya ha establecido.</p>								
1^o		2^o		3^o		4^o		5^o

Después de realizar una descripción exhaustiva del instrumento, se aplica el mismo a dos grupos de estudiantes que cursan asignaturas de segundo año en las Carreras de Ingeniería Civil y de Ingeniería Industrial. Carreras seleccionadas en primera instancia por presentar características comunes, evidenciadas en su comportamiento académico, según información brindada por la Pro Secretaria de Seguimiento y Apoyo Académico de la misma Facultad. Se expone a continuación en Cuadro 1 la encuesta realizada a 86 alumnos que expresan sus preferencias acerca de las razones establecidas.

3.2. Análisis de los resultados

Si bien al elaborar e implementar la encuesta se contempla especialmente el cuidado de la homogeneidad en las percepciones de los estudiantes, al comenzar a transcribir la información recolectada se detectan inmediatamente algunas deficiencias en este aspecto. Esto se evidencia en que las valoraciones emitidas en algunas encuestas no respetan la escala definida y en otras se emiten conforme al orden dado en el instrumento para los criterios, lo que genera duda entre elección o error de interpretación.

Dada la altura del año académico en que se efectúa la recolección de datos, no es posible volver a realizar la encuesta hasta el siguiente año lectivo. Por tanto, se decide hacer el procesamiento, con la precaución de no incluir las respuestas en las cuales se detectan posibles irregularidades. Entonces, se descartan 19 encuestas y se realiza el procesamiento de las 67 restantes mediante software estadísticos.

En el análisis de las valoraciones totales emitidas se observa la presencia de unos pocos datos atípicos que se apartan del análisis. Mediante de pruebas de hipótesis sobre normalidad solo es posible detectar normalidad en el criterio **E** y en el criterio **I**. Esto evidencia homogeneidad en las preferencias respecto de esos criterios. En atención a las medias de las distribuciones empíricas en principio es posible establecer una jerarquía. Las medias obtenidas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1 –Promedios de la muestra total-

1°	2°	3°	4°	5°
P(Profesión)	E(Economía)	T(Temática)	I(Investigación)	H(Herencia)
0,3	0,27	0,22	0,14	0,06

Si bien resultan claras las diferencias entre la mayoría de los criterios, los valores correspondientes a **P** y **E** no parecen permitir una diferenciación entre ellos, aunque claramente aparecen como los más valorados. Los criterios **H** e **I** resultan menos valorados.

A continuación se realizan análisis a partir de segmentaciones realizadas a la muestra.

De la partición por carrera resulta que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad sólo en el criterio **E** para los industriales y en el criterio **I** para los civiles. Respecto a la ordenación se mantiene la misma que en las totales. No se esperaban demasiadas diferencias en esta segmentación debido a la homogeneidad entre las carreras ya mencionada anteriormente.

De la partición por edad (menores y mayores de 21 años) también se evidencia normalidad en ambas muestras en los criterio **E** e **I**. Sin embargo, en los mayores de 21 años (minoría que constituye el 30% de la muestra total), respecto de la ordenación, no es posible discriminar entre los criterio **P**, **T** y **E**. Los menores de 21 años mantienen la ordenación de los totales.

Dado que algunas corrientes de pensamiento atribuyen diferencias entre hombres y mujeres, desde el punto de vista de sus capacidades intelectuales y emocionales, aparte de las morfológicas y fisiológicas. Se realiza la correspondiente partición por género y en efecto se observan diferencias. Las medias obtenidas se presentan en la Tabla 2 y en la Tabla 3.

Tabla 2 –Promedios de Mujeres-

1°	2°	3°	4°	5°
P(Profesión)	E(Economía)	T(Temática)	I(Investigación)	H(Herencia)
0,4	0,22	0,19	0,14	0,05

Tabla 3 –Promedios de Hombres-

1°	2°	3°	4°	5°
E(Economía)	P(Profesión)	T(Temática)	I(Investigación)	H(Herencia)
0,29	0,26	0,24	0,15	0,07

Aquí es posible destacar que en las mujeres se obtiene la misma ordenación que en el total, solo que la media de **P** supera ampliamente al resto y no parece posible discriminar entre **E** y **T**. En cambio en los

hombres se produce un cambio de orden, el factor económico **E** pasa al primer puesto, aunque con valores muy cercanos a **P** y **T**. A continuación se presentan los valores obtenidos para las medias de las distribuciones empíricas para Mujeres y Hombres.

Como sin duda se observan diferencias de preferencias entre los dos grupos conformados por género. Se realizan nuevas particiones por género y dentro de cada género, por edad y por carrera. Los resultados obtenidos no presentan diferencias con los totales por género.

En general los resultados muestran que los factores más determinantes son la Profesión y la Economía, por otro lado los factores menos valorados resultan ser la Investigación y la Herencia.

4. CONCLUSIONES

El enfoque multivariante para la medición de preferencias ha adquirido relevancia en los últimos años. Esto debido a requerimientos surgidos de distintas disciplinas, que están en la búsqueda de respuestas a situaciones emergentes de un mundo cada día más complejo.

En este trabajo, se reconocen y caracterizan técnicas multivariantes, específicamente las que se utilizan para el estudio de preferencias. Las herramientas estadísticas, los supuestos, los conceptos y los razonamientos que estas técnicas brindan, proporcionan apreciadas referencias a los dedicados al tema.

Este trabajo exploratorio abre la posibilidad de realizar a futuro, aplicaciones simultáneas de distintas técnicas, lo que posibilita la consecución de diversos objetivos. Entre otros, comparar y/o confirmar resultados, o proporcionar información complementaria.

En esta instancia se desarrolla una aplicación de la técnica propia de Procesos DRV, expuesta en esta presentación. La aplicación se implementa en el marco de una experiencia realizada con alumnos de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, con el objetivo de explorar sobre las razones determinantes para la elección de estudiar Ingeniería.

La concreción de la experiencia ha requerido del diseño de un instrumento de evaluación. Esta construcción ha demandado el incursionar en otras áreas del conocimiento, tarea que siempre resulta enriquecedora.

Respecto a los resultados obtenidos en la aplicación, si bien no son concluyentes sobre la homogeneidad de las preferencias respecto de la totalidad los factores mensurados, la técnica permite discriminar presencia o ausencia de homogeneidad respecto de los mismos. Sin duda, también permite distinguir factores más determinantes.

Finalmente, es importante destacar que sólo es posible obtener o no homogeneidad de preferencias confiables, a partir de homogeneidad de percepciones. Si bien en la experiencia realizada se procura cuidar este aspecto, la misma deja enseñanzas al respecto. Por un lado, que es conveniente utilizar un instrumento conformado por tarjetas y no un instrumento integrado. Por el otro que, aun en situaciones en las cuales no parezca necesario, de ser posible es mejor llevar a cabo la encuesta personalmente o en este caso quizá el trabajar con grupos muy reducidos de alumnos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson Rowland M. R. (1997): *Understanding Freshman Engineering Student Retention Through a Survey*. Arizona State University; ASEE Conference. Milwaukee, Wisconsin.

Anguelova R. (2001): *Reasons For and Factors Of Motivation In The Choice Of Engineering as a Profession*. Institute for Advanced Studies on Science, Technology and Society, Austria. Versión obtenida de <http://www.ifz.tugraz.at/ias/content/download/857/4578>

Carroll J. D. (1972): *Individual differences and multidimensional scaling*. Publicado en R. N. Shepard, A. K. Romney, & S. Nerlove (Eds.), *Multidimensional Scaling: Theory and Applications in the Social Sciences*. Volume I: Theory. Seminar Press, Nueva York, pp. 105-155.

Carroll J. D. (1980): *Models and methods for multidimensional analysis of preferential choice (or other dominance) data*. Publicado en E.D.

- Lantermann, y H. Feger (Eds.), *Similarity and Choice*. Hans Huber, Viena, pp. 234-289.
- Carrol J. D. y Green P. E. (1995): *Psychometric Methods in Marketing Research: Part I, Conjoint Analysis*. Journal of Marketing Research, vol. 32, pp 385-391.
- Cepero González A. B. (2010): *Las Preferencias Profesionales y Vocacionales del Alumnado de Secundario y Formación Profesional*. Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal, Universidad de Granada.
- Ferreira S.D., Rial A., Picón E. y Varela J. (2009): *Efecto del Orden de Presentación de los Atributos sobre los Resultados del Análisis Conjunto*. Metodología de Encuestas, vol. 11, 103-119.
- Green P. E. y Rao V. (1972): *Applied Multidimensional Scaling*. Dryden Press, Hinsdale.
- James S. (1972): *Applied Multivariate Analysis*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Kelly G. A. (1955): *The psychology of personal constructs*. Norton and Company, N. York, USA.
- Luque Martínez T. (2000): *Técnicas de Análisis de Datos en Investigación de Mercado*. Ediciones Pirámide del Grupo Anaya S.A., Madrid, España.
- O'Kelly B.C. (2009): *Some Key Factors Considered by Students In Electing To Study Engineering*. International Symposium for Engineering Education, Dublin City University, Ireland. Version obtenida de http://www.ndlr.ie/mecheng/symp/papers/FEE/OKellyfactors_ISEE07.pdf
- Palmer S. y Bray S. (2006): *Reasons Stated by Commencing Students for Studying Engineering and Technology*. Australasian Journal of Engineering Education, Deakin University, Geelong, Victoria, Australia. Versión obtenida de <http://www.aeee.com.au/journal/2006/palmer01.pdf>

- Rial A., Ferreira S.D. y Varela J. (2010): *Análise conjunta: uma aplicação ao estudo das preferências dos consumidores*. Revista Portuguesa de Marketing, vol. 26.
- Valencia Giraldo A., Mejía Vélez L.F., Restrepo González G., Parra Mesa C.M., Castañeda Gómez E., Muñoz Cardona A.E. y Morales Vanegas P.A. (2010): *Razones para Estudiar Ingeniería: El Caso de La Universidad de Antioquia*. Revista del grupo de Investigación Ingeniería y Sociedad. Universidad de Antioquia. Colombia.
- Zanazzi, Conforte, Boaglio, Dimitroff y Carignano (2008): *Problemática del Trabajo en Equipo. Metodología para el análisis conjunto*. I ERABIO (Encuentro Regional Argentino Brasileiro de Investigación Operativa) XXI ENDIO. Posadas, Argentina.
- Zanazzi J. y Autran Monteiro Gomes L. (2009): *La Búsqueda de Acuerdos en Equipos de Trabajo: el Método Decisión con Reducción de Variabilidad (DRV)*. Pesquisa Operacional, vol. 29, pp. 125-221.
- Zanazzi J, Boaglio L, Pontelli D., Conforte J., Dimitroff M. y Cabrera G. (2011) A: *Estabilidad en Procesos de Toma de Decisiones con Reducción de Variabilidad (DRV)*. XXII EPIO - XXIV ENDIO. Río Cuarto, Córdoba. Argentina.
- Zanazzi J., Salamon A, Cabrera G., Gonzalez, A y Pedrotti, B (2011) B: *La Investigación Operativa Soft en la Estructuración de Problemas Vinculados con la Orientación Vocacional*. XXII EPIO - XXIV ENDIO. Río Cuarto, Córdoba. Argentina.
- Zanazzi J., Boaglio L. y Autran Monteiro Gomes L. (2011) C: *Procesos DRV: Nuevo Método para la Toma de Decisiones en Equipo*. Quinto encuentro RED-M. SOBRAPO (Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional)

TÉCNICA SODA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPA COLECTIVO. APLICACIÓN EN LA RETENCIÓN DEL TALENTO EN EL ÁREA INFORMÁTICA

AUTORES

ALICIA G. SALAMON

LAURA L. BOAGLIO

JOSÉ D. CUOZZO

BEATRIZ I. PEDROTTI

GABRIELA P. CABRERA

PALABRAS CLAVE

Técnica SODA- Mapa Colectivo- Outsourcing

INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta una experiencia desarrollada por los autores en una empresa Consultora de Tecnología de Información cuya modalidad de trabajo es “*outsourcing*”.

De las reuniones con los directivos de la empresa se detecta que la problemática existente es la retención del empleado.

En el modelo de trabajo *outsourcing*, la empresa que provee el servicio, necesita desempeñarse eficaz y eficientemente y buscar la continua satisfacción del cliente para evitar la revocación de los contratos. Esta modalidad de trabajo tiene características particulares que se evidencian en sus diferentes configuraciones: descentralización geográfica, flexibilidad, actualización permanente de tecnología informática, conformación de equipos de trabajo con alta variabilidad dentro del grupo y entre grupos, conformación de equipos de alto desempeño para proyectos de innovación, gestión de los grupos a través de líderes, sistemas de comunicación intra-organización y empresa-cliente complejos para gestionar. Este escenario laboral genera en los empleados una variabilidad significativa en sus comportamientos y

requiere que la empresa que provee servicios de *outsourcing* cuente con personas que acuerden con las estrategias y valores de la organización.

En este tipo de empresas, es un problema muy grande la rotación de personal, en la actualidad los porcentajes superan el 30% anual.

Cada vez es más difícil conseguir recursos humanos en el área de informática y que éstos se interesen por una oferta de trabajo ya que ahora se escoge en qué empresa se quiere trabajar, lo cual hace difícil la selección y retención del talento.

Según el especialista en recursos humanos, Roces (2011), vicedirector del Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA), al momento de elegir una organización, lo primero que preguntan los jóvenes es sobre la oportunidad laboral, después cómo se articula con su proyecto personal y sus motivaciones, en tercer lugar cuál será su trabajo, cómo es la organización y por último cuánto se les va a pagar, dado que con el cambio generacional se modificaron las preferencias. Cuesta entender las motivaciones de la Generación Y, que es la que hoy está ingresando al mundo del trabajo. No es que no hay nada que los motive, sino que cambiaron sus preferencias, y las prácticas de las empresas todavía son realizadas por integrantes de los *baby boomers* o de la Generación X.

Roces (2011) sostiene que los líderes tienen que comprender la diversidad y entender que los jóvenes de la Generación Y (los nacidos a partir de 1980) son humanistas, que no aceptan carreras a expensas de sacrificar su vida personal y su familia, que son hacedores inmediatos, que no tienen paciencia

Este trabajo presenta una experiencia de la aplicación de la metodología *Strategic Options Development and Analysis SODA* de Eden & Ackermann (1998) adaptada, con el propósito de elaborar el mapa cognitivo compartido por los decisores en instancias de intervención respecto a la problemática de retención del talento humano en la empresa de Tecnología de Información con modalidad de trabajo *outsourcing*. La intervención se desarrolla en formato taller, donde se elicitán las ideas, creencias y percepciones del equipo de decisión de la empresa, que conducen a explorar e identificar los atributos para la elaboración de estrategias de retención del talento de la organización y que buscan ascensos rápidos. El trabajo expone el desarrollo de una herramienta metodológica que facilite la identificación de los factores que el equipo de decisión de la empresa, de acuerdo a su percepción fundada en su conocimiento y experiencia, considera que valora el empleado. A partir de la identificación y priorización de tales factores se Este trabajo presenta una experiencia de la aplicación de la metodología *Strategic Options Development and Analysis SODA* de Eden &

Ackermann (1998) adaptada, con el propósito de elaborar el mapa cognitivo compartido por los decisores en instancias de intervención respecto a la problemática de retención del talento humano en una empresa de Tecnología de Información con modalidad de trabajo outsourcing. La intervención se desarrolla en formato taller, donde se elicitán las ideas, creencias y percepciones del equipo de decisión de la empresa, que conducen a explorar e identificar los atributos para la elaboración de estrategias de retención del talento de la organización y que buscan ascensos rápidos, talento humano de la empresa que sean viables.

La retención del personal, es un problema de toma de decisiones para el equipo de personas responsables de la gestión de la empresa de Tecnología de Información, por tal motivo se trabaja en forma conjunta con dicho equipo.

Para abordar el problema presentado en este trabajo, es necesario considerar la utilización combinada de diversos enfoques, para lograr en una primera etapa la comprensión del dominio del problema y posteriormente la estructuración del mismo. Se integran entonces diversos aportes de la denominada Investigación Operativa *Soft*, particularmente con la técnica SODA desarrollada por Eden & Jones (1984) y Técnica del Mapa Oval (TMO) de Eden & Ackermann (1998) y Bryson (1995), la misma fue adaptada para identificar los factores que el equipo de decisores considera importante teniendo en cuenta las características de los recursos humanos de la compañía.

Por otra parte, se hace notar que el texto que se toma como base de este capítulo ha sido presentado en carácter de full paper en el Congreso XXVI ENDIO XXIV EPIO, realizado en la Ciudad de Córdoba del 22 al 24 de mayo del año 2013. En esa oportunidad fue sometido a referato y aceptado por el comité científico del evento.

DESARROLLO

1. RECURSOS METODOLÓGICOS

Para abordar la problemática planteada por los directivos de la empresa, se utilizó como marco conceptual SODA, esta es una técnica para la estructuración de problemas elaborado en la segunda parte de la década del 70. El enfoque de SODA se basa en la subjetividad, es decir, la experiencia y conocimiento de los integrantes del equipo decisor son un elemento clave para el desarrollo de decisiones confiables y sustentables. La estructuración del problema planteado en este trabajo también sigue los lineamientos de la "Teoría de los Constructos

Personales (TCP)" de Kelly (1955). Esta teoría sostiene que las personas construyen su mundo individual conforme a la interpretación personal que hacen del mundo exterior, este postulado sustenta once corolarios que conforman la TCP. Kelly entiende que el sistema de construcción de una persona está compuesto por un número finito de constructos dicotómicos, denominados constructos bipolares. Los constructos personales, concebidos en términos de bipolaridad, se entienden como referenciales que utilizan las personas para conducir su accionar.

Las herramientas clásicas de SODA son los mapas cognitivos, a nivel individual y colectivo. En este trabajo se aplica una modificación a SODA con la Técnica del Mapa Oval (TMO) de Eden & Ackermann (1998) y Bryson (1995). La diferencia es que no se construyen los mapas individuales, sino que se diseña una dinámica de intervenciones para favorecer la construcción en grupo de un mapa cognitivo con el equipo decisor de la empresa.

Esta metodología reconoce que cada persona tiene una visión propia de una situación problemática, visión que puede reorientarse a través de un proceso de aprendizaje. Su aplicación debe posibilitar el reconocimiento de las opiniones de los otros, comparación e identificación de visiones comunes para resolver la situación en cuestión.

A continuación, se realiza una descripción de las intervenciones que se realizaron en la Empresa y se exponen las producciones, que conducen a la identificación de los factores que se deben tener en cuenta a la hora de definir, elaborar e implementar las políticas y estrategias de retención del empleado en la empresa. Esto es, se describe el taller que se llevó a cabo en la Empresa Consultora con los responsables de la gestión, con el objetivo de explorar la problemática planteada utilizando como herramienta un mapa cognitivo compartido.

2. TÉCNICAS DE MAPAS COGNITIVOS

La técnica SODA propuesta por Eden & Ackermann (1998) es de mapas cognitivos individuales que luego se integran generando un mapa colectivo. Una modificación de SODA se conoce como la Técnica del Mapa Oval (TMO) de Eden & Ackermann (1998) y Bryson (1995). Esta técnica permite obtener un mapa que se ha ido construyendo delante del grupo. Los participantes pueden ver los diferentes aportes y explorar la manera de ensamblarlos. La necesidad de generar un mapa cognitivo compartido fue analizada por Langfield-Smith (1992), llegando a la conclusión que la capacidad para mantener ese nivel de conceptos,

ideas y creencias colectivas es transitorio, y por lo tanto no crítico para el proceso de toma de decisiones. Como resultado, el grupo puede construir rápidamente una visión y comprensión en común compartida acerca de cuáles son los componentes claves.

Para Eden *et al* (1981), un mapa cognitivo es una técnica de modelación que permite captar ideas, creencias, valores, así como las interrelaciones de una situación problemática, de modo que se facilite su estudio y análisis.

Los mapas cognitivos son entendidos como una herramienta del investigador/facilitador para:

- Ayudar a su cliente a estructurar una situación problemática a la que se enfrenta.
- Clarificar su visión respecto a la misma.
- Explorar posibles alternativas de solución, siempre asumiendo que se trata de una interpretación del problema.

A continuación se describen los pasos para la construcción de mapas cognitivos:

1. Identificar y escribir la situación objeto de estudio.
2. La situación se expresa a través de conceptos, que son los elementos básicos para integrar los mapas cognitivos. Un conjunto de conceptos integran una proposición.
3. Los conceptos se enlazan por medio de flechas o líneas de acuerdo a cada percepción específica o con base en una relación causal lógica. Las líneas puntadas pueden emplearse para representar incertidumbre en la relación entre conceptos.
4. Los mapas se construyen primero en forma individual y posteriormente con el grupo de involucrados, buscando construir un solo mapa mediante el enlace de conceptos.
5. A cada enlace causal se le asocia un signo (+, -) que refleja el sentido de la relación entre dos conceptos. Esto permite formar circuitos entre los conceptos.
6. Posteriormente se identifican los conceptos neurálgicos entre los circuitos construidos. Un concepto neurálgico es aquel que cuando se aumenta o disminuye su influencia el circuito modifica su dinámica significativamente.
7. Finalmente, con el propósito de reducir la complejidad del mapa cognitivo, se pueden agrupar los circuitos en proposiciones o

categorías o temas que en su conjunto se relacionan o tienen un significado específico.

Dado que este método está basado en el lenguaje, es preciso cuidarse de hacer interpretaciones acerca de lo que se afirma. Es por esto que el mapa cognitivo final debe ser validado con los involucrados en la situación objeto de estudio.

En la aplicación de SODA adaptado con la TMO, para lograr un mapa cognitivo compartido se tuvo en cuenta los siguientes factores:

- Los objetivos que se persiguen.
- La madurez y entrenamiento del grupo.
- El tamaño del grupo.
- El ambiente físico.
- Las características del medio ambiente.
- Las características de los miembros.
- Preparación del facilitador.

La TMO es una buena opción para hacer aflorar y estructurar las ideas del grupo decisor ya que permite realizar este trabajo en una sola sesión, aunque no se alcance la profundidad de las entrevistas individuales de los mapas cognitivos es posible involucrar hasta 12 participantes en la sesión. De todas maneras, Eden & Ackermann (1998) y Bryson (1995), en el desarrollo de la TMO recomiendan que el grupo sea hasta 8 participantes.

Las pautas de trabajo con la técnica del mapa oval son:

- La pregunta clave se fija en la parte superior del pizarrón.
- Solicita ajustarse a una sola declaración por óvalo/nodo y utilizar de 8 a 10 palabras por declaración.
- No quitar el óvalo/nodo de otro participante aunque no se esté de acuerdo.
- Se clasifican y estructuran los aportes de cada participante.
- La vinculación del material, son relaciones causales (de medios-fines u opciones- resultados).

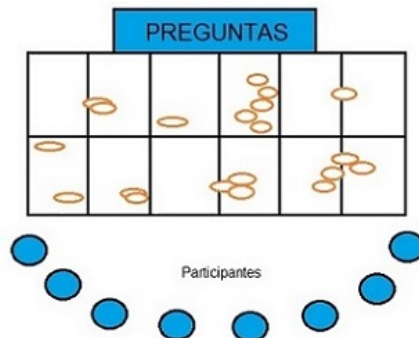
Con esta técnica se construye un mapa con el grupo, los participantes pueden ver los diferentes aportes y analizar como ensamblarlos. Como resultado, se puede obtener en forma rápida una visión común compartida, en este caso, entre los 5 participantes.

El taller se dividió en 3 fases:

- Fase 1: se realiza una explicación sobre el desarrollo del taller y las actividades a desarrollar.
- Fase 2: se acuerda la redacción de la o las preguntas claves que brindan el foco para la sesión de la TMO, es decir, generar una o varios interrogantes que reflejen el área puesta en consideración. Luego se realiza la estructuración de los aportes de los participantes, esto es que a medida que cada decisor expresa sus ideas el facilitador debe colaborar con el proceso de agrupamiento de estos aportes. La identificación de cada agrupamiento, no siempre es inmediato.
- Fase 3: a partir de la clasificación obtenida en la segunda fase comienza el proceso de vinculación de las diferentes declaraciones en cada agrupamiento, es decir, se inicia la elaboración del mapa en forma compartida. Este mapa se construye en forma escalonada hacia arriba, es decir trabajando desde las opciones hacia las metas definido por Eden & Ackermann (1998).

Las pautas de trabajo antes mencionadas pueden observarse en la Figura 1 donde se muestra la pregunta clave, los óvalos o nodos en la pizarra clasificados y la disposición del ambiente físico y de los participantes.

Figura 1: Disposición del ambiente físico y los participantes. Rosenhead & Mingers (2001).



3. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA SODA ADAPTADA A LA ELABORACIÓN CONJUNTA DE UN MAPA COGNITIVO

La empresa en la cual se realizó la experiencia objeto del presente trabajo se dedica a la selección, capacitación y asignación permanente de recursos humanos *outsourcing* idóneos, para enviar a proyectos específicos de *software* en Empresas-Clientes.

En un primer contacto del equipo de autores con uno de los Socios y con el Gerente de Desarrollo, se relevó la estructura organizativa de la empresa, la dimensión y alcance de los servicios prestados. En esta instancia se tomó conocimiento, que dadas las características particulares del personal *outsourcing*, le interesa a la empresa promover en sus recursos humanos un sentido de pertenencia que consecuentemente implique la fidelización.

En ese momento, se definió una agenda para realizar un taller de 4 horas, con el objetivo de elaborar de manera conjunta un mapa cognitivo sobre la problemática que le preocupa al equipo de decisión de la empresa, la retención del empleado.

El taller se llevó a cabo en tres fases, en la primera se explicitó el desarrollo del taller, explicando cuales iban a ser las tareas y las diferentes instancias de la jornada. Ackermann (1996) y Phillips & Phillips (1993) afirman que brindar claridad en las consignas y disponer en forma adecuada el escenario resulta fundamental para que el taller sea un éxito. A continuación, se presentó la técnica, se informó a los participantes del taller que ellos son los que deben generar el material y que los facilitadores no agregan ningún contenido.

En la segunda fase, se llevó a cabo la exploración de conceptos para generar un mapa cognitivo colectivo preliminar. En esta actividad grupal se utilizó un pizarrón y tarjetas autoadhesivas, esta tarea se apoya en las teorías de clasificación, que se centran en las categorías y en las relaciones jerárquicas entre conceptos. Esto es, las estructuras mentales de los individuos presentan un ordenamiento jerárquico de manera que cada grupo está incluido en otro de orden superior planteado por Sáez Martínez (2005) y, a su vez, aglutina a varios de orden inferior según Rosch (1978) y Anderson (1985).

Ante la existencia de fuertes liderazgos entre los participantes, los facilitadores lograron equilibrar las intervenciones, de manera que el equipo de decisión conformado por los dos dueños y los tres gerentes fuera una estructura plana y sin atractores. La implementación de esta

técnica en forma grupal aumenta la capacidad del grupo para desarrollar un pensamiento sistemático. Algunas personas poseen la habilidad innata de almacenar un gran número de ideas y conceptos en su mente de manera simultánea y pueden “ver” las conexiones y relaciones entre ellos. Otras personas, la mayoría, no tienen esa habilidad. Al crear un mapa visual del análisis y mostrarlo como un trabajo en curso para que todos los participantes de la reunión lo vean, éstos pueden alcanzar un nivel más alto de pensamiento y comprensión. Esto suele permitir que el grupo se centre en un pensamiento sistemático que suele dar lugar a ideas y soluciones mejores. Como resultado, se obtuvo un alto nivel de consenso en los conceptos componentes del problema.

En la reunión se definieron preguntas que ayudaron a explorar la problemática de la retención de los recursos humanos de la empresa permitiendo la caracterización de la situación actual de la consultora. Se plantearon esencialmente dos interrogantes:

1. ¿Qué dificultades o razones identifica usted para que los recursos humanos permanezcan en su organización?
2. ¿Qué considera usted que les interesa a sus empleados para quedarse en la empresa?

Cada uno de los integrantes del equipo de gestión expresó en un óvalo o nodo en la pizarra su idea o creencia con respecto a los interrogantes mencionados. Las mismas se transcriben a continuación, sin identificar a cada participante.

Participante uno

- Las dificultades con la retención se dan porque conviven cuatro generaciones.
- Les seduce trabajar en empresas multinacionales.
- Les importa su posición, el puesto que ocupan.
- El desarrollo profesional dentro de la empresa.
- Tiene importancia el salario que obtienen por su trabajo.

Participante dos

- Los recursos humanos son escasos, provienen de carreras duras.
- Les interesa la estabilidad e imagen que tenga la empresa.
- Valoran la comunicación plana y el ambiente de la empresa.
- Valoran el salario.

- No soportan las presiones con los horarios.

Participante tres

- El estilo de liderazgo hace que les interese quedarse.
- El salario les importa.
- Les interesa trabajar en empresas extranjeras.
- Les interesa quedarse en la empresa por el tipo de trabajo que desarrolla.
- La imagen de la empresa en el medio.

Participante cuatro

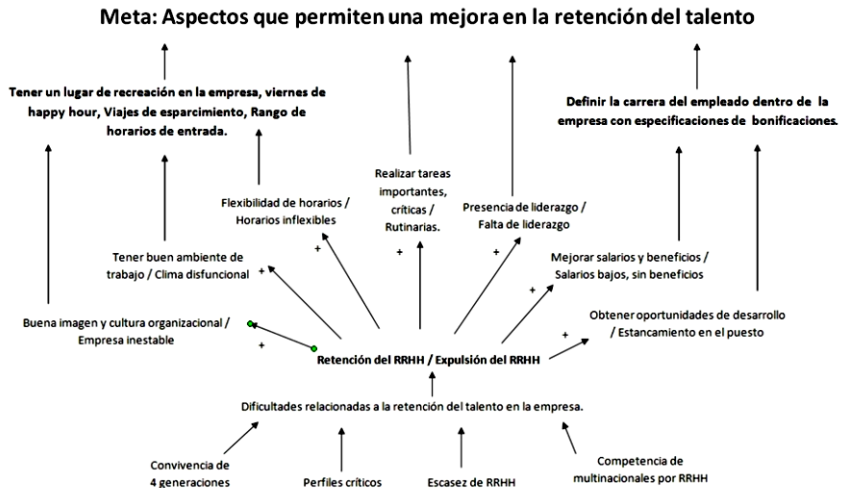
- La cultura e imagen de la empresa.
- Es problemático por que se necesitan perfiles críticos en experiencia y conocimiento.
- El clima laboral y la flexibilidad en el horario.
- El desarrollo profesional en la empresa.
- El perfil del puesto que ocupan.

Participante cinco

- La comunicación y el ambiente de trabajo.
- El crecimiento profesional y salarial, los desalienta el estancamiento.
- La estabilidad de la empresa.
- La flexibilidad en los horarios.
- El tipo de trabajo que desarrolla en la empresa, los desalienta las actividades rutinarias y necesitan llevar adelante trabajos que signifiquen un desafío.

A partir de los conceptos expuestos en la pizarra, se realizó la tercera fase del taller con la elaboración compartida del mapa cognitivo entre los directivos de la empresa. En la figura 5 se presenta el mapa cognitivo resultante en este taller. Para la confección del mismo se tuvo en cuenta la meta que es mejorar la retención del talento de la empresa.

Figura 5: Resultado del mapa cognitivo compartido elaborado por los directivos de la consultora.



Esto pudo hacerse efectivo una vez que desde la perspectiva de los gestores de la empresa, se identificaron los factores que influyen en la fidelización del empleado, a partir de estos factores el grupo decisor comenzó a identificar algunas posibles acciones para retener a los empleados, factibles éstas de implementación nivel organizacional, económico, y financiero a muy corto plazo.

El enfoque que se utilizó para trabajar el mapa cognitivo con los directivos de la empresa, fue el escalonado hacia arriba en el cual se planteó la meta y se identificaron las submetas, que amplían la cadena de metas hacia “arriba”, es decir, hacia niveles superiores de la jerarquía. Este proceso se repitió hasta que el grupo acordó que el nuevo nivel no tiene consecuencias e implica algo bueno y esclarecedor para el tema planteado.

El punto de partida fueron las dificultades identificadas por los responsables de la gestión de la empresa (es decir, características comunes de los recursos humanos de la empresa), estas son:

- Conviven cuatro generaciones de recursos humanos.
- Los perfiles de conocimiento y experiencia son críticos.
- Proviene de carreras duras y son escasos.
- A los empleados más jóvenes los seduce trabajar en las multinacionales de desarrollo de *software*.

Las dificultades identificadas y compartidas por la planta de empleados de la empresa conduce a una submeta: Determinar que retiene o expulsa a los recursos humanos de la Consultora.

A partir de esta submeta, surgieron cuales son los factores percibidos por los conductores de la empresa que se deben mejorar y/o corregir.

A continuación, se explicitan los conceptos elicitados con sus dos polos:

- Estilo de liderazgo: la presencia de liderazgo de los jefes los retienen / la falta de liderazgo de sus directivos los expulsan.
- Desarrollo profesional dentro de la empresa: tener oportunidades de desarrollo profesional los alientan / los desalientan el estancamiento.
- Tipos de tareas: participar en proyectos desafiantes los mantienen motivados con lo cual los retienen/ las tareas rutinarias los desalienta y los expulsan.
- Comunicación y ambiente laboral: buena comunicación entre directivos y sus pares sumado a un buen ambiente laboral los alientan / la falta de comunicación y de un buen clima laboral los desaniman.
- Compensaciones (salarios, beneficios): buenas compensaciones los retienen / los salarios bajos, no contar con beneficios además del sueldo los expulsan.
- Horarios de trabajo: flexibilidad con los horarios laborales los animan / las presiones en los horarios los desaniman.
- Situación de la empresa frente al mercado: una buena imagen de la empresa y su posición en el medio los alientan / la falta de estabilidad de la empresa los desalientan.

De la lectura del mapa y en una instancia de revisión con los conductores de la empresa, surgió la necesidad de indagar en el punto de partida, esto es, en las dificultades que caracteriza a la planta actual de empleados, identificar los grupos etarios, para que determinen su orden de preferencia respecto de los factores elicitados y explicitados en el mapa.

Factores que han surgidos del mapa cognitivo compartido:

- Oportunidad de desarrollo laboral
- Tipo de trabajo a desarrollar

- El ambiente de trabajo
- La organización (cultura, imagen, liderazgo)
- Las recompensas en el trabajo (salario, premios, vacaciones, beneficios, flexibilidad en el horario)

Además, se avanzó en la identificación de dos estrategias de retención factibles de implementar en el corto plazo.

Se planifica otra intervención también en formato taller con el objetivo de profundizar y refinar los elementos del mapa cognitivo compartido, encontrar nuevas relaciones para mejorar y enfocar el manejo del recurso humano de la empresa.

CONCLUSIONES

Este trabajo describe una experiencia de aplicación de la metodología SODA propia de la Investigación Operativa *Soft*, realizada en una consultora de Informática con modalidad de trabajo *outsourcing*. En principio se comprobó la pertinencia de la metodología utilizada, para abordar el tratamiento de una situación problemática que se presenta compleja y requiere de herramientas muy flexibles.

En la intervención efectuada en la empresa se destaca el aporte de la generación de un espacio de reflexión para los responsables de la gestión. Por un lado se logró que los directivos conformaran una visión más clara de la situación caracterizada por la gran variabilidad del recurso humano, y por otro, se llegaron a hacer más tangibles las cuestiones ocultas y presentes en el contexto en el cual se desenvuelven.

Se observó que una ventaja de la utilización de un mapa cognitivo en una intervención grupal aumenta mucho el nivel de compromiso de los participantes en la reunión. Esto guarda relación con el modo de funcionamiento de la mente. Cuando nuestra mente observa un trabajo en curso (como un boceto o un mapa mental) quiere rellenar los huecos que hay. Por tanto, los miembros del equipo tienden a comprometerse más que si no hubiera una herramienta gráfica de ayuda.

La dinámica de grupo que se estableció en las intervenciones generó un impacto tanto en los responsables de la gestión como en el grupo de investigadores produciendo un entorno de aprendizaje constructivista.

Así también en los directivos se generó una mayor apertura, confianza y discernimiento para poder reconocer y expresar sus

preocupaciones. Esto promovió el intercambio de mutua valoración y reconocimiento. En tanto que para el grupo de investigadores-facilitadores implicó una capitalización de experiencia en la aplicación de la técnica.

Los productos concretos de esta experiencia son: el reconocimiento del dominio del problema que se plasmó en un primer mapa cognitivo compartido, que se fue construyendo con el grupo de participantes ensamblando los diferentes aportes de cada uno de ellos. Los decisores han desarrollado una comprensión compartida del problema en cuestión, que les ha permitido trabajar como equipo. Esto ha generado que los participantes adquieran mayor compromiso con el resultado del taller, lo que aumenta la posibilidad de completar acciones futuras.

REFERENCIAS

- Ackerman P. L. (1996): *A theory of adult intellectual development: Process, personality, interests and knowledge*. Intelligence, 22,227-257.
- Anderson J. R. (1985): *Cognitive Psychology*. Nueva York: Freeman.
- Bryson J. (1995): *Strategic Planning Public and Nonprofit Organizations (rev.edn)*. San Francisco, CA: Jossey Bass.
- Eden C. y Ackermann S. (1998): *Using repertory grid for problem construction*. European Journal of Operational Research, vol. 35 (9), pp. 779-790.
- Eden C. y Jones S. (1984): *Using repertory grid for problem construction*. European Journal of operational research, vol. 35 (9), pp. 779-790.
- Eden C., Jones S. D. y Sims T. (1981): *Facilitating Problem Definition in Teams*. European Journal of Operational Research, vol. 6 (4), pp. 360-366.
- Kelly G. A. (1955): *The psychology of personal constructs*. Norton and Company, N. York.
- Langfield-Smith K. (1992): *Exploring the need for a Shared Cognitive Map*. Journal of Management Studies, vol. 29(3), pp. 249-368.

- Phillips L. y Phillips M. (1993): *Facilitated work groups: Theory and Practice*. The Journal of the Operational Research Society, vol. 44 (6), pp. 533-542.
- Roces J. L. (2011): *Valor Perdurable: Dirigiendo empresas en tiempos de complejidad*. Editorial. Temas Grupo Editorial. Buenos Aires, Argentina.
- Rosch E. (1978): *Principles of categorization*. Publicado en Rosch y Lloyd (1978): *Cognition and categorization*. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, pp. 24-48.
- Rosenhead J. y Mingers J. (2001): *Análisis Racional Reestudiado para un Mundo Problemático: Métodos para estructurar problemas en condiciones de complejidad, incertidumbre y conflicto*. IVEPLAN Instituto Venezolano de Planificación. Caracas, Venezuela.
- Sáez Martínez F. J. (2005): *Las configuraciones cognoscitivas como herramienta de análisis de la estructura sectorial*. Revista europea de dirección y economía de la empresa, vol. 14 N°3, pp. 111 – 134.

LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PATÓGENOS EN LA UNC. UN PROBLEMA ABORDADO DESDE LAS MULTIMETODOLOGÍAS.

DANIEL PONTELLI

JOSÉ CONFORTE

JOSÉ LUIS ZANAZZI

MARÍA ALEJANDRA CASTELLINI

MAGDALENA DIMITROFF

PAULINA SOFIA MASSARI

PALABRAS CLAVE

Soft System Methodology, Residuos Patógenos, Sistema de Gestión, Procesos DRV

1. INTRODUCCIÓN

Los residuos patógenos (RP) se consideran peligrosos ya que pueden contener microorganismos perjudiciales para la salud (Ley 24051). La clasificación dada por la legislación, tiene en cuenta tanto las características del material como las fuentes que lo producen. Así por ejemplo considera como RP, entre otros, a los tejidos biológicos, órganos, partes del cuerpo y fluidos corporales removidos durante cirugías y autopsias o a los cultivos y cepas de agentes infecciosos provenientes de laboratorios de investigación, académicos e industriales o de la producción de vacunas y productos biológicos.

De las definiciones anteriores se destacan dos aspectos, que están íntimamente ligados entre sí. Por un lado se tiene el producto o sea la cosa propiamente dicha y por otro lado, la situación de donde procede o se produce. Se debe entender no solo el sujeto sino la dinámica de las transformaciones que se originan en un determinado ámbito para llegar al resultado.

Un proceso se puede considerar como un conjunto de actividades que utiliza recursos, y se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados o sea productos (Norma IRAM ISO 9001:2008). Trabajar el problema de los RP,

considerando la sucesión de actividades desarrolladas en la organización, permite tener un control sobre aquellas y los factores que intervienen en sus interacciones para lograr el resultado esperado.

El hecho de considerar el RP como producto de un proceso, tiene una serie de implicaciones en su gestión. Esto significa que debe cumplir con determinados requisitos, tales como estar contenido en una bolsa de determinadas características, depositado en un sitio que cumpla con lo especificado en las normativas específicas, entre otras características.

La Universidad Nacional de Córdoba (UNC) cuenta con dependencias que realizan actividades de producción industrial (farmacéutica), atención sanitaria, investigación y enseñanza, donde se producen residuos patógenos, pero los datos sobre lo producido en estos puntos no son confiables o son inexistentes.

Ozbek y Sanin (2004) señalan que las prácticas sanitarias universitarias en Turquía no muestran compromiso de los profesionales por segregar en origen los residuos biocontaminados. Se considera que estas desviaciones son una causa importante de la falta de claridad en las normas de gestión y errores en la recolección de estos desechos. La UNC no es ajena a estas dificultades y en consecuencia es posible encontrar desechos no tratados de manera adecuada a lo largo de la corriente de disposición.

Para abordar el problema, las recomendaciones publicadas en la literatura especializada (CEPIS OPS, 1998; Cantahede, 1999) muestran que la gestión de residuos patógenos se compone de tres etapas:

- elaboración de definiciones respecto a la generación, segregación y acondicionamiento en el lugar de origen
- planteo de un adecuado método de recolección y almacenamiento interno y
- organización de las actividades de transporte, tratamiento y disposición final.

La Oficina de Evaluación Tecnológica, órgano asesor del Congreso de Estados Unidos, considera que la separación y clasificación de los RP en las fuentes de generación es uno de los puntos críticos de la gestión de estos desperdicios (U.S. Congress Office of Technology Assesment, 1990). Esto permite diseñar los modos adecuados de manipulación interna y aplicar las tecnologías más convenientes de tratamiento final.

Una gestión deficiente de los RP implica riesgo de contagio de infecciones por lesiones cortopunzantes a los trabajadores de la salud, personal de limpieza y de recolección de residuos dentro de los centros sanitarios y al público en general. Pero sin duda el universo más vulnerable son las enfermeras, el personal de limpieza y recolección de

residuos. Fuera del establecimiento sanitario, el personal de recolección de residuos es el blanco afectado.

Las vías más frecuentes de infección son la parenteral, es decir lesiones en la piel por medio de elementos corto punzantes, la digestiva a través de la ingestión y en menor medida la inhalación. Según datos recolectados en Estados Unidos entre el 66% y el 95% de las exposiciones ocupacionales a agentes patógenos está relacionada con la exposición vía dérmica de las cuales entre el 62% y el 91% terminan en accidentes debidos a pinchazos con agujas (Díaz et al. 2005). Las enfermedades graves a las que los trabajadores están expuestos son: Hepatitis B y C, SIDA, encefalopatía espongiforme transmisible (EET), entre otras.

Si bien la idea de controlar la producción de RP en el punto de generación mediante una adecuada segregación es clave, en los centros asistenciales de la UNC no parece posible una reducción efectiva en origen si no se cuenta con un sistema que garantice esta práctica. Una equivocación en la separación supone el riesgo de infección.

Las experiencias de algunos centros de salud de países en desarrollo muestran que el personal sanitario no observa las prácticas adecuadas de manejo de residuos patógenos, aunque el nivel de conocimiento teórico es alto en el caso de médicos y enfermeras. Esto deja entrever para los autores que hay una carencia de hábitos correctos, reforzada por la falta de procedimientos claros, ausencia de programas de capacitación, supervisión deficiente y fallas en la provisión de insumos para la gestión de estos residuos (Mostafa et al, 2009)

Aún en países desarrollados como Japón, la solución al problema de la gestión de RP en los hospitales tiene como base la capacitación y concientización del personal. En ese sentido Miyazaki y Une (2005) enfatizan que el resultado más importante del sistema de gestión de RP radica en convencer a los médicos, enfermeros, auxiliares y empleados de servicios de salud que gestionar adecuadamente los RP brinda condiciones laborales seguras y tiene beneficios para la institución. Esto puede lograrse a través de un programa de desarrollo de compromiso.

El presente trabajo, reconoce como base el artículo de Pontelli et als (2013), presentado por los mismos autores en el XXVI Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa y XXIV Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa (EPIO), en el mes de mayo de 2013. Fue sometido a referato y aprobado por el Comité Científico de dicho evento.

De las referencias consultadas y la realidad de los centros de salud de la UNC surge que el problema se desarrolla en contextos socio-

técnicos que presentan dificultades para la implementación de un sistema de gestión de residuos confiable. Frente a esta situación, se considera apropiado abordar el asunto en dos dimensiones. Por un lado, entenderlo con la visión experta de los especialistas en el tema; por el otro, conocer las opiniones del personal de planta sobre la dinámica de los aspectos identificados por los anteriores.

Para el primer caso se propone una metodología que permita entender el asunto. Con ese objetivo, se utilizan herramientas de Soft System Methodology (SSM) con la que se estructura el problema y se plantean líneas de acción consistentes en transformaciones que estén en sintonía con un contexto compuesto por actores del proceso, las relaciones de poder existentes entre ellos y las restricciones emergentes.

Finalmente la metodología Procesos DRV permite jerarquizar esas transformaciones para decidir la forma de aplicación. Uno de los elementos más importantes del ejercicio consiste en la participación de los agentes encargados del cambio.

2. BREVE REVISIÓN DE LAS HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS UTILIZADAS

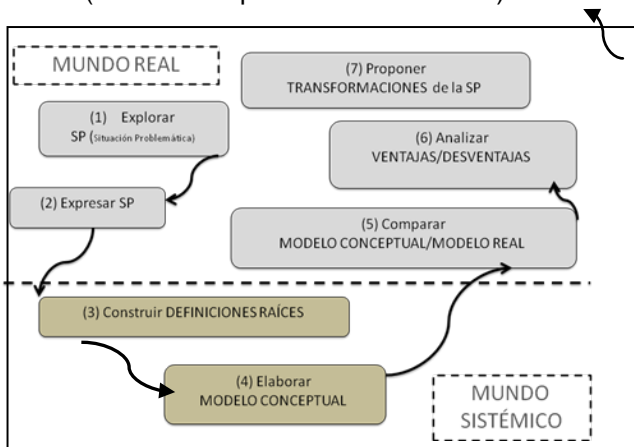
2.1. Soft System Methodology

La complejidad de la situación problemática abordada está caracterizada por la gran cantidad de actores que intervienen, los factores materiales (edilicios, tipo de residuo, entre otros) que provocan que exista una diversidad de aspectos a analizar y los puntos de vista diferentes según la persona y su ubicación. Soft System Methodology (SSM), creada y fundamentada por Checkland (1981 y 2000), es en términos de Valqui Vidal (2010), una metodología que permite analizar y estructurar situaciones problemáticas como las mencionadas donde el desorden es imperante. Esta metodología se apoya en la perspectiva particular de cada individuo que participa en la discusión. Propone estrategias que valoran la visión que cada persona tiene de la situación problemática. Estos puntos de vista se enriquecen con los del resto de los participantes y se deben acordar estrategias comunes para estructurar la situación, de manera que esa visión individual pueda reorientarse a través de un proceso de aprendizaje constructivo.

El objetivo central es la construcción de un modelo conceptual que represente el medio ambiente idealizado que dará marco a la estructuración y/o mejora de la situación problemática. A partir de este marco se generan debates constructivos con el fin de reconocer y explicitar los cambios que son susceptibles de ser implementados en la situación real correspondiente.

Checkland (1999) resume el desarrollo de esta metodología en siete etapas constitutivas del método y la relación entre las mismas (Silva Barros, Castellini y Belderrain, 2012).

Figura 1. Esquema de las siete etapas del SSM (Ckeckland apud Rosenhead 1999)



Por su parte, Georgiou (2006) propone una “SSM reconfigurada”, que sigue los principales postulados de Checkland (1985, 1999, 2000, 2001), pero introduce algunos cambios respecto de la manera de implementar las siete etapas mencionadas. Según Georgiou esta metodología permite “conseguir información para estructurar, definir de modo riguroso y construir un plan de acciones - en el marco de un enfoque sistémico- en favor de la solución de la situación planteada”.

Para SSM las etapas 1 y 2 citadas por Checkland apud Rosenhead (1998) quedan plasmadas a través de las Imágenes Ricas y los Análisis 1, 2 y 3. Las imágenes ricas constituyen una de las herramientas más citadas por Checkland (1999, 2000), ya que posibilitan la extracción de información significativa de los involucrados en la situación problema. A través de estas imágenes se pone a los involucrados cara a cara con la situación descrita.

Los Análisis 1, 2 y 3 se refieren respectivamente a la identificación de roles (involucrados en la situación), la identificación y caracterización de las dinámicas socio-culturales y de las relaciones de poder del contexto del problema. Estos tres análisis son ejercicios de descripción necesarios para la explicación y resolución consecuentemente de la situación problema. Para SSM reconfigurada esta es la fase 1, orientada a

producir conocimiento sobre el contexto de la situación problemática, según lo expresan Silva Barros, Castellini y Belderrain (2012),

La esencia de la resolución de la situación problemática viene dada por la producción de un grupo de transformaciones, en las cuales queda explícita la situación conflictiva y una manera de resolverla. Para expresar dichas transformaciones y el contexto en el que se dan, Smyth (1976) y Checkland (1999) desarrollan el CATWOE que se esquematiza en el CUADRO 1, con el agregado de los análisis de Georgiou.

Cuadro 1. Desarrollo del CATWOE (Georgiou 2006)

Nemónico	Significado	Pregunta	Informado por
C	Cliente	¿Quién será beneficiado por esta T?	Análisis 1 y3
A	Actor	¿Quién realizará esta T o hará que se realice?	Análisis 1 y3
T	Transformación	¿Cuál es la Transformación en sí?	Reglas Metodológicas
W	Weltanschauung (Punto de vista)	¿Qué razón o punto de vista justifica esta T?	Análisis 2
O	Dueños	¿Quién puede hacer que cambie o se detenga esta T?	Análisis 1 y3
E	Restricciones del medio	¿Qué restricciones existen alrededor de esta T?	Análisis 2

La aplicación de esta metodología facilita el análisis del problema identificando a las personas involucradas y las relaciones existentes entre ellas como así también las restricciones que deben considerarse (Análisis 1, 2 y 3). Así mismo, posibilita la formulación de las transformaciones necesarias y su vinculación con los actores y el rol que cada uno de ellos desempeña en ella.

Estas transformaciones deben ser clasificadas y contextualizadas en una planificación realista que instrumente su materialización. Cada una se transcribe en una frase (Definición Raíz), que actúa como una declaración destinada a orientar la planificación sistémica de dicha transformación y la planificación global de todas en su conjunto. Lo descripto respecto del CATWOE y las correspondientes definiciones raíces conforman la fase 2 de SSM reconfigurada.

La fase 3 hace referencia a una planificación sistemática del conjunto de acciones tendientes a solucionar y/o mejorar la situación problemática planteada. En esta fase, como lo señalan Silva Barros, Castellini y Belderrain (2012), la preocupación se encuentra centrada en la planificación para el futuro e implica el uso de los conocimientos adquiridos en las dos fases anteriores para un futuro mejor. La manera de concreción de la última fase consiste en enumerar las actividades necesarias para lograr cada una de las transformaciones propuestas y estipular los criterios de control para las mismas.

2.2. La Metodología Procesos DRV

2.2.1. El Análisis Grupal y el arribo a la estabilidad

En las organizaciones actuales es innegable la conveniencia del trabajo en equipo. Sin embargo, es importante destacar que un grupo de personas puede o no conformar un equipo de trabajo, ya que un equipo se caracteriza por desarrollar un desempeño colectivo en torno a metas, generar una sinergia positiva y potenciar capacidades, características que requieren de aprendizajes específicos para ser adquiridas.

El trabajo en equipo presenta grandes beneficios para las organizaciones ya que genera un crecimiento cualitativo de sus integrantes que redundará rápidamente en beneficios para el conjunto. Gibson J., Ivancevich J., Donnelly J. (2001), señalan respecto a los beneficios del trabajo en equipo que *“...la razón más importante por la que se forman equipos es para aumentar la productividad organizacional. Las organizaciones alrededor del mundo se han dado cuenta que el rendimiento de los equipos conlleva a mayores niveles de productividad que los que se alcanzarían con muchos individuos trabajando individualmente. Esto se debe fundamentalmente al hecho que los equipos integran habilidades complementarias que pueden corresponder a una de estas tres categorías: especialidad funcional o técnica, habilidades de resolución de problemas y de realización de decisiones; y habilidades de interpretación”*.

Sin embargo, no es tarea fácil lograr que un grupo de personas se conforme en un equipo de trabajo efectivo. Diversos autores reconocen que existen dificultades para concretar un desarrollo eficiente de las actividades grupales. En tal sentido pueden mencionarse entre otros a Robbins y Coulter (2000); o a Gibson (2001). Estos autores consideran que no existe un procedimiento adecuado para tomar decisiones grupales. Opinan que las decisiones resultantes se encuentran afectadas

por la “presión de grupo”, lo que empobrece el proceso, inhibe los aportes individuales y debilita la motivación.

Esto es así porque los aspectos personales, radicados en la subjetividad, están siempre presentes e introducen distorsiones, como percepciones enfrentadas y necesidad de diferenciarse. Sin duda existen numerosos factores internos y externos que interactúan en las personas y trascienden en sus relaciones. La trama de interacciones resultantes, presentes en el accionar de un equipo, puede ser armónica y originar un trabajo en equipo exitoso, o producir múltiples dificultades, como generar incertidumbre sobre aportes individuales y fricciones de distinta índole entre sus integrantes.

Lograr conducir la interacción de los integrantes de un grupo de trabajo a una “región positiva”, en la que las opiniones encuentran un cauce común para manifestarse, es posible con el conocimiento y la aplicación de metodologías de trabajo pertinentes. Las metodologías deben contener una serie de prácticas tendientes a facilitar la comprensión de distintas situaciones problemáticas, discriminar elementos de decisión y fundamentalmente a reconocer la necesidad de introducir pautas o normativas que posibiliten objetivar las cuestiones en discusión mediante la cuantificación de los elementos de decisión identificados.

En tal sentido, es necesario brindar a los integrantes de un grupo de trabajo, herramientas cuya aplicación les facilite el discernir entre lo personal subjetivo y lo externo objetivado y cuya aplicación incluya una serie de prácticas que les permita la incorporación de mecanismos para aprender y producir en equipo.

En lo que respecta al aprendizaje en equipo, Senge (2007), señala que *“...hay sorprendentes ejemplos donde la inteligencia del equipo supera la inteligencia de sus integrantes, y donde los equipos desarrollan aptitudes extraordinarias para la acción coordinada. Cuando los equipos aprenden de veras, no sólo generan resultados extraordinarios sino que sus integrantes crecen con mayor rapidez. La disciplina del aprendizaje en equipo comienza con el “diálogo”, la capacidad de los miembros del equipo para “suspender los supuestos” e ingresar en un auténtico “pensamiento conjunto”.*

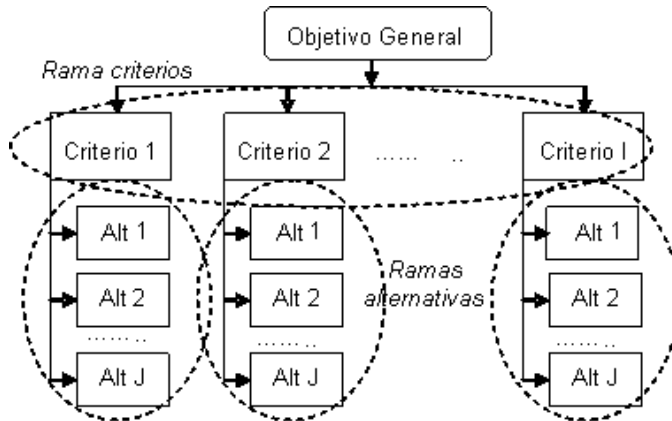
Para dar respuesta a esta problemática se utiliza un método inserto en el apoyo a la Decisión Multicriterio Discreta (DMD), denominado Procesos DRV (Decisión con Reducción de Variabilidad). El método se orienta a facilitar el proceso de análisis conjunto de problemas de decisión, de manera que el grupo pueda distinguir en qué difieren sus

opiniones y acercar posiciones. Estimula la realización de aportes independientes de los miembros del grupo con la preocupación de que los integrantes se identifiquen con la decisión adoptada.

En definitiva, plantea abrir en el proceso de análisis un espacio regulado donde los integrantes intercambien conocimientos y experiencias situados en la "región positiva" de la interacción. Se hace así posible el crecimiento del conocimiento global y consecuentemente la conformación de un equipo de trabajo eficiente.

La metodología requiere que el grupo analice el problema mediante diversos ejercicios. El análisis se inicia con la identificación, en plenario, de las alternativas entre las que se puede elegir. De la misma forma, se adoptan los criterios a utilizar para comparar y valorar las alternativas. El proceso de decisión es representado en un árbol (Cuadro 2) que admite jerarquizar los criterios, al estilo de lo planteado en Saaty (1996).

Cuadro 2: Árbol de Decisión



Dado un determinado nivel del árbol, en una cierta rama y considerados los elementos de dicho nivel, es necesario asignar valoraciones a los mismos. En esta fase del estudio, es importante que los distintos integrantes del equipo formulen sus preferencias con independencia de los demás, de modo que puedan dar sus opiniones y comprender las posturas del resto. Para la comprensión de las diferentes posiciones es conveniente compartir elementos de juicios y experiencias.

Entonces, con el empleo de diversas herramientas estadísticas, se plantea el estudio de la variabilidad de las utilidades asignadas. Esto

permite detectar si es posible suponer un comportamiento normal e inferir que las opiniones alcanzaron un punto de equilibrio. De no conseguirse este comportamiento se propone retomar el estudio del problema en plenario.

Es de destacar que al iniciar el estudio de opiniones las posturas pueden ser completamente dispersas, sin embargo, al progresar en la tarea, esa dispersión debe tender a reducirse de manera sostenida hasta arribar a una condición de estabilidad. Se entiende por *condición de estabilidad* al estado en el cual las opiniones individuales no presentan variabilidad significativa, aunque se continúe con el estudio del problema.

En la experiencia de aplicación del método, se utiliza una determinada función de utilidad, que propone efectuar una comparación de a pares. Para comenzar se especifica un preorden entre los elementos de decisión, esto es ordenar del que tiene *“mayor al que tiene menor”* preferencia. Es decir, en la asignación a realizar, del elemento que vaya a obtener la mayor valoración numérica al que vaya a obtener la menor. Sea un preorden definido del siguiente modo:

$$b_k > b_{k-1} > \dots > b_2 > b_1$$

Entonces, se comparan sucesivamente todas las parejas de elementos adyacentes, establecidos por el orden, a partir del par ubicado en la posición que corresponde a las menores asignaciones (b_2 y b_1).

En cada comparación se expresa la cantidad h_i de veces que el elemento b_i es preferible respecto del elemento b_{i-1} . El resultado de cada comparación puede representarse mediante una relación de la forma:

$$b_i < h_i b_{i-1}$$

Donde h_i es un *“número real positivo mayor o igual que 1”*. Con esta convención, el $h_i=1$ representa indiferencia y por ejemplo $h_i=3$ significa que el primero de los elementos de la relación es tres veces más preferible que el otro.

Después de realizar todas las comparaciones posibles, las utilidades se obtienen como sigue:

$$U(b_1) = 1$$

$$U(b_2) = h_2 * 1$$

$$U(b_3) = h_3 * h_2 * 1$$

ñ

$$U(b_k) = h_k * h_{k-1} * \dots * 1$$

Por lo tanto, la expresión genérica para las utilidades está dada por (1):

$$U(b_k) = \prod_{i=2}^k h_i \quad (1)$$

Las utilidades resultantes se normalizan mediante la división por la suma.

Ahora bien, si se considera un equipo de trabajo con N individuos y un número K de elementos de decisión a mensurar y se denomina u_{kn} al valor de la función de utilidad $U(b_k)$ asignada por el integrante n al elemento k , las utilidades estandarizadas se expresan como se indica en (2):

$$w_{kn} = u_{kn} / \sum_{k=1}^K u_{kn} \quad \text{con } n = 1, 2, \dots, N \text{ y } k = 1, 2, \dots, K \quad (2)$$

Una vez obtenidos estos resultados, provenientes de los elementos de una rama particular del árbol de decisión, es necesario realizar el estudio sobre el comportamiento de los mismos, es decir el análisis de la variabilidad. Los resultados de cada rama pueden representarse en términos de la suma de cuadrados de los w_{kn} , del modo siguiente:

$$SC_{total} = \sum_{k=1}^K (\bar{w}_k - \bar{\bar{w}})^2 + \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N (w_{kn} - \bar{w}_k)^2 \quad (3)$$

Donde $\bar{\bar{w}}$ es la media general y \bar{w}_k es el promedio para cada una de las ramas. En el segundo miembro de (3), el primer término puede denominarse: suma de cuadrados entre elementos (SCE) y el segundo: suma de cuadrados dentro de los elementos (SCD).

La sumatoria SCD es la que representa las diferencias entre las opiniones y la que debe disminuir a medida que progresa el análisis. A los efectos de contrastar esta sumatoria con algún valor de referencia puede suponerse que al iniciar el análisis de la rama, la peor condición posible es que las medias verdaderas de los elementos sean iguales y que las distribuciones sean uniformes. Conviene recordar que la distribución Uniforme de probabilidades, cuando se encuentra definida

en un intervalo (a,b) , tiene media $\mu = (a+b)^2 / 2$ y varianza

$\sigma^2 = (b - a)^2 / 12$. Si se aceptan los siguientes supuestos: medias iguales a la inversa de la cantidad de elementos, distribuciones uniformes definidas entre cero y dos veces la media, varianza muestral equivalente a la varianza de la uniforme; se puede calcular una suma de cuadrados de referencia (SCU), según se indica en (4):

$$SCU = \frac{N - 1}{3K} \quad (4)$$

En consecuencia, es posible suponer que a medida que progresa el análisis de la rama, la suma de cuadrados SCD desciende desde un valor cercano a SCU, hasta un mínimo propio de la estabilidad.

Para facilitar el seguimiento del proceso es posible definir un indicador adecuado. Sea el Índice de Variabilidad Remanente (IVR) definido como se muestra en (5):

$$IVR = (SCD / SCU) * 100\% \quad (5)$$

Según lo planteado por Zanazzi et al. (2011) puede suponerse que valores de IVR por debajo de veinticinco por ciento, son propios de una condición de estabilidad. Por otra parte, cuando se alcanza la condición estable, las distribuciones de probabilidad de los elementos comparados pueden suponerse normales. Con ese enfoque, un valor elevado del IVR o un comportamiento alejado del esperable para datos extraídos de una población normal, indican que es necesario retomar y profundizar el análisis.

Cuando se alcanza la estabilidad en todas las ramas, las utilidades son representadas con variables aleatorias multidimensionales (Zanazzi et al. (2006) b). Para aquellas situaciones en donde, conforme a las preferencias, se necesita elegir una alternativa o lograr su ordenamiento, Zanazzi et al (2007) propone una dinámica que permite ordenarlas de manera eficiente.

2.2.2. El ordenamiento definitivo

Lograda la estabilidad y ordenadas las alternativas, se debe verificar si las diferencias obtenidas en las valoraciones de cada una es estadísticamente significativa. Para ello, se propone realizar test múltiples de comparación de medias.

Una cuestión importante es analizar cuál de los dos tipos de error que pueden cometerse al efectuar una prueba de hipótesis, es el más

preocupante. Ese análisis permite determinar el nivel de significación α más adecuado.

En este caso, el error de tipo I (ETI) conduce a identificar diferencias, que en realidad no existen. De este modo puede obtenerse una ordenación que no responde a la realidad. En cambio, el error de tipo II (ETII) conduce a no detectar diferencias existentes. Con ello debe retomarse el análisis y adoptar otra forma de ordenamiento.

En consecuencia, parece que el error más preocupante es el primero. Por lo tanto, deben tomarse recaudos para reducir o controlar la probabilidad de este tipo de error. Por otra parte, al realizar pruebas repetidas de comparación de medias, se incrementa la probabilidad de cometer ETI. Esto hace necesario establecer mecanismos que permitan su control.

Una alternativa para controlar el ETI es recurrir a la **Tasa de Falso Descubrimiento** (FDR) propuesta por Benjamini y Hochberg (1995) quienes discuten en su artículo diferentes maneras de ganar potencia en la realización de test de hipótesis múltiples. En Benjamini y Yekutieli (2001), se profundiza el estudio realizado en 1995 con el tratamiento de la posible dependencia (positiva o negativa), entre las variables bajo estudio. Los autores demuestran el modo en que puede determinarse el valor p a partir del cual, valores mayores indican que no debe rechazarse H_0 . Para aplicar esta metodología es necesario fijar previamente un nivel de significación (α) que en definitiva será el de la prueba global. En tal sentido, Verhoeven, Simonsen y Mc Intyre (2005) proponen, citando a Benjamini y Yekutieli (2001), una expresión que puede utilizarse en situaciones como esta, donde la correlación entre variables es negativa. La expresión propuesta para determinar el valor límite de p es:

$$p(r) \leq \frac{\alpha}{k} - r \quad (6)$$
$$k \sum_{s=1}^k \frac{1}{s}$$

Donde α representa el nivel de significación elegido por el investigador para las pruebas individuales (probabilidad de cometer un ETI), k es la cantidad de hipótesis puestas a prueba y $p_{(r)}$ es el valor p obtenido en la prueba de H_r . El procedimiento consiste en ordenar los valores p en orden ascendente y luego compararlo con el segundo miembro de la desigualdad (6) y encontrar el máximo valor M de r para el cual se verifica la desigualdad. De este modo se rechazan $H_1, H_2, \dots,$

H_M con una considerable ganancia en la potencia de las pruebas y la consiguiente disminución de probabilidad de cometer ETI.

Finalmente se logra la ordenación buscada, con la aplicación reiterada de las pruebas y el control del error más preocupante.

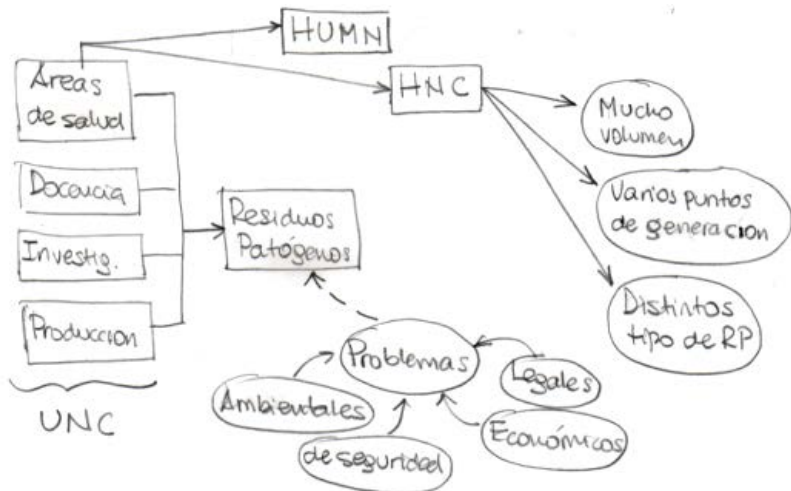
3. APLICACIÓN AL PROBLEMA BAJO ESTUDIO.

3.1. Estructuración del Problema. Aplicación de SSM.

La complejidad de la situación en el HNC en relación a la gestión con los residuos patógenos, obliga a utilizar herramientas metodológicas que permitan clarificar el estado de la gestión, determinar quiénes son los actores, la relación entre ellos y las restricciones propias del sistema.

A partir de la Figura Rica (resultado de las etapas 1 y 2 del Método SSM) elaborada por el Responsable de Higiene y Seguridad del Hospital, presentada en la FIGURA 2, se comienza a trabajar en el desarrollo de los Análisis 1, 2 y 3; con el primero de ellos, se logra clarificar con suficiente detalle quiénes son los actores del proceso que se analiza. A modo ilustrativo se muestra en la TABLA 1 los resultados obtenidos en el análisis.

FIGURA 2. Figura Rica



Para completar la Fase 1 de SSM reconfigurada, se realizan también los análisis sobre las restricciones (Análisis 2) y sobre el aspecto socio cultural y las relaciones de poder (Análisis 3).

TABLA 1. Análisis 1

Análisis 1		Entidades participantes
	Personas o entidades	Explicación
1.1	Director y sub director	Son designados por la Unidad Académica.
1.2	Responsable Sistema de Seguridad (RSS)	Designada por el HCD de la Facultad de Medicina. Tiene vínculo directo con el Director. Es miembro del Consejo de Seguridad (representa al Decano).
1.3	Director de mantenimiento	Administra los servicios técnicos y edificios del Hospital
1.4	Administración y compras	Se encarga de asignar recursos financieros, hacer un seguimiento de los recursos y realizar las compras de acuerdo a los procedimientos establecidos.
1.5	Médicos	Es un integrante de la cadena de generación, dado que ejecuta actos médicos que generan residuos. A menudo participa en la segregación inicial de los residuos (gasas, apósitos, ...).
1.6	Enfermeros	Es la segunda línea en la cadena de generación. Genera patógenos (agujas, gasas, ...). Tiene directa relación con la primera instancia de segregación en quirófanos, salas, etc.
1.7	Instrumentistas	Recibe el instrumental no descartable que está contaminado. Preparan esos instrumentos y los envían a terceros para la esterilización. Al descartable se lo pasan a las enfermeras.
1.8	Laboratoristas	Trabajan con las muestras de sangre y fluidos.
1.9	Patólogos	Recibe de cirugía los posibles casos de estudio para realizar biopsias, hace el informe y realiza la disposición del material. Se trata de pequeños volúmenes.
1.10	Servicios de oncología	Se manipulan sustancias citostáticas y restos contaminados con las mismas. Son residuos especiales por la doble condición de ser químicos y a la vez patógenos (marca la ley).
1.11	Sociedad (pacientes)	Es la materia prima del proceso.
1.12	Personal de limpieza	Se ocupa de sellar las bolsas, indicar el origen y etiquetarlas. Transportarlas hasta el destino.
1.13	Transportistas	Retira la bolsa y registra el peso en el libro de Actas (foliado por la Secretaría de Ambiente)
1.14	Operador	Responsable del tratamiento y la disposición final de los residuos.
1.15	Proveedores	No pertenecen al hospital. Venden recipientes especiales para colocar agujas, bisturís, material quirúrgico, precintos y las bolsas donde se colocan los patógenos
1.16	Hospital	Es la entidad donde se desarrolla el proceso. Está declarado como generador ante la Secretaría de Ambiente.
1.17	Universidad	Es la entidad administrativa dueña del Hospital. Centraliza la gestión del sistema y la vinculación con los proveedores y los contratistas . Debe ejercer el control del sistema y de los costos del mismo. Es el responsable legal de los residuos.
1.18	Estado Municipal	Ejerce un control periódico a través de la Dirección de Ambiente. Hacen Protocolos de aprobación municipal. Esta acción está amparada por la legislación provincial y la Secretaría
1.19	Estado Provincial	La Secretaría de Ambiente tiene el poder de policía sobre todo el sistema. Ejerce el control sobre el generador, el transportista, el operador y demás actores
1.20	Grupo de investigación UNC	Conduce el estudio del problema y analiza las posibles soluciones.
1.21	Comité de infectología	

Con la primera fase completa, el conocimiento que se logra de la situación problema se ha profundizado sustancialmente, con la participación de personal del hospital (responsable de Higiene y Seguridad, responsable del Servicio de Limpieza y Jefe de Enfermería). Esto permite que no solo los autores del presente trabajo, sino también el personal mencionado, realicen una mirada sobre aquello con lo que conviven a diario pero que no logran visualizar con la profundidad necesaria como para poder plantear cuáles son las fallas y cuáles las transformaciones necesarias para eliminarlas.

A continuación, se analiza el proceso en búsqueda de evidencias de fallas con la intención de plantear sus causas (propuesta original de los autores) y las posibles acciones a realizar para solucionar los problemas detectados. Entre las fallas encontradas, cabe mencionar:

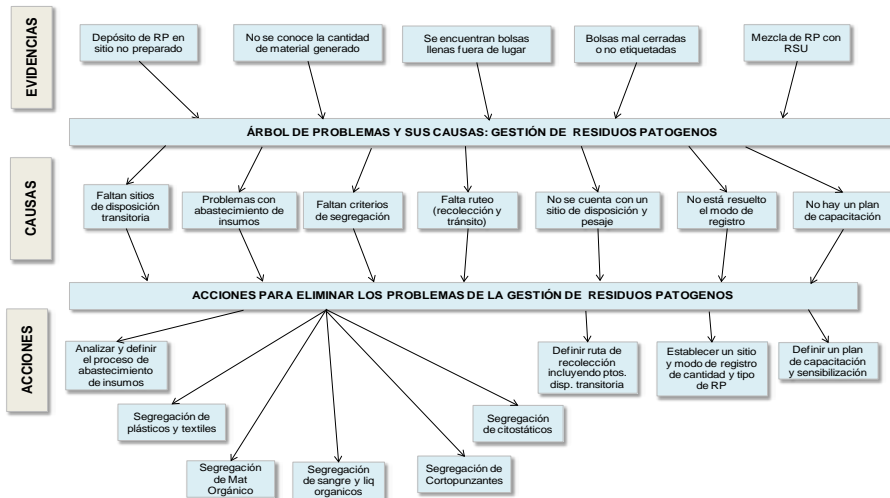
- Los residuos patógenos se mezclan con los que no lo son.
- Los residuos corto punzantes a menudo no están dispuestos en recipientes adecuados.
- Los médicos y enfermeros dicen que existen procedimientos para el tratamiento de los RP pero no los tienen, ni saben dónde encontrarlos.
- Se utilizan recipientes inadecuados para alojar los envases de fármacos en oncología.
- Faltan contenedores para recolección y transporte interno de RP.
- En algunas áreas hay sólo bolsas para patógenos (rojas) y no se dispone de bolsas negras. Esto lleva a desechar como patógenos residuos que no lo son.

Con estas evidencias de fallas se procede a esbozar algunas líneas de acción posibles:

- Desarrollar procedimientos que definan los modos de segregación.
- Definir especificaciones técnicas para los recipientes y bolsas a utilizar.
- Definir el proceso de recolección y transporte de residuos.

La FIGURA 3 esquematiza la situación en este punto del análisis.

FIGURA 3. Esquema de Evidencia de Fallas, Causas y Acciones.



Con este nivel de análisis, se trabaja con el equipo en la construcción de las CATWOE, estableciendo quiénes son los clientes (C), los actores (A), los dueños de los procesos (O), las situaciones actual y deseada (entrada y salida de las transformaciones (T), las restricciones (E) y la visión del mundo (W). Toda esta construcción desemboca en las Definiciones Raíz (Etapa 3 del Método SSM) que se presentan en la TABLA 2.

TABLA 2. Definiciones Raíz de las Transformaciones construidas con los equipos de trabajo

Definición Raíz Transformación1	<ul style="list-style-type: none"> El Grupo de Investigación (GI), en conjunto con el personal del Hospital, desarrollará procedimientos para la segregación de RP que deberá aprobar el Director y que establecerán los pasos a seguir por los generadores de residuos (médicos y enfermero/as) de modo que el personal de limpieza realice la recolección identificando el tipo de residuo de que se trate, teniendo en cuenta la legislación vigente y aspectos operativos a fin de que se ponga en práctica una gestión controlada de los RP, para beneficio de la Universidad y de la sociedad.
---------------------------------	--

TABLA 2. Definiciones Raíz de las Transformaciones
construidas con los equipos de trabajo (continuación)

<p>Definición Raíz Transformación 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El GI, en consulta con el personal de Administración del Hospital diseñará un proceso y su correspondiente procedimiento e instructivos para el abastecimiento de insumos según las necesidades de los usuarios y de acuerdo al objetivo de segregación de residuos. De este modo se maximizaría la seguridad del personal y se reduciría la cantidad de RP generada. Deberá existir apoyo de la Dirección del Hospital (DH) y acuerdo del Responsable de Higiene y Seguridad (RHS) para que pueda eliminarse la burocracia innecesaria y se agilice la confección y tratamiento de los pliegos licitatorios en los casos que correspondiera.
<p>Definición Raíz Transformación 3</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los RP circularán por rutas de recolección diseñadas de modo que minimicen el posible contacto con las personas, que se dispongan transitoriamente en sitios seguros y aislados del público en general y del resto del personal. Para ello el GI diseñará procedimientos e instructivos que documenten la tarea. De este modo se reducirán los riesgos de contaminación y aumentará la seguridad del personal involucrado en el manejo de los RP a la vez que se estandarizará el procedimiento de recolección y traslado y se respetarán las normativas vigentes. El RHS del hospital deberá asegurar el cumplimiento de los procedimientos establecidos.
<p>Definición Raíz Transformación 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El RHS del Hospital diseñará los pliegos licitatorios para que el área administrativa adjudique la obra de readecuación del SDT de modo que cumpla a la brevedad (evitando complicaciones burocráticas innecesarias) con los requerimientos de la legislación vigente en cuestiones de iluminación, higiene, seguridad, identificación y aislamiento. El RHS, también tomará los recaudos para que se instale una balanza y el GI elaborará procedimientos, instructivos y sistemas de registro de modo que se documente la cantidad de residuos generada y el responsable de cada registro. El GI deberá capacitar al personal de limpieza para realizar la tarea de manera adecuada y de acuerdo a lo que los instructivos plantean.

TABLA 2. Definiciones Raíz de las Transformaciones construidas con los equipos de trabajo (continuación)

<p>Definición Raíz Transformación 5</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● El GI desarrollará actividades que incluirán encuentros de capacitación para el personal de limpieza y talleres con el personal de enfermería, médicos y responsable de HS, que contarán con el respaldo explícito de la Dirección del Hospital, de modo de sensibilizar y concientizar a todos aquellos que tengan relación con el manejo de RP acerca de la importancia de una buena gestión y que esto redundará en mejoras en la seguridad en su tarea y una disminución en los riesgos de contaminación ambiental. El GI deberá en todo momento tener presente la existencia de interferencias de carácter gremial que pueden obstaculizar el proceso de capacitación. También se tratará con el RHS para que en los pliegos licitatorios del Servicio de Limpieza se contemple la necesidad de capacitación sobre manejo de RP.
---	--

Así entonces, se logra no solo una profundización en el conocimiento de la situación problema, sino que también se consigue diseñar las líneas de acción a seguir estableciendo cuáles son las principales tareas a realizar, quiénes las deben realizar, por qué deben realizarse, cuáles son las restricciones que se presentan para llevarlas a cabo y quiénes pueden llegar a detener la transformación en marcha o a no autorizar su realización.

Ahora bien, el cambio que se propone es relevante de acuerdo a la manera en que viene desarrollándose la tarea en el HNC; eso hace necesario que las transformaciones sean graduales. No parece conveniente realizar cambios muy violentos en organizaciones que tienen una importante inercia.

Es así que aparece como necesario realizar un ordenamiento, una jerarquización de las transformaciones de modo de establecer un orden en su puesta en marcha. Es de vital importancia que aquellos agentes que lo serán del cambio, participen en la toma de decisión acerca de cuál será la jerarquía en las transformaciones. Se está entonces, frente a un problema de toma de decisiones por parte de un equipo de trabajo, es conveniente en esta instancia aplicar una metodología adecuada que oriente la tarea y que permita evaluar cuándo se ha arribado a un consenso sobre el tema en discusión.

3.2. Aplicación de los Procesos DRV para jerarquizar las transformaciones.

Una vez definidas las transformaciones, es necesario establecer su orden de prioridad. Para esta tarea es conveniente utilizar una metodología que permita realizar valoraciones comparativas en función de determinados criterios consensuados previamente por el equipo de trabajo. Los criterios y sus definiciones se enuncian a continuación:

- **Impacto**: relevancia que tiene la transformación para lograr la disminución de los volúmenes de residuos generados.
- **Factibilidad**: capacidad de poder realizar operativamente la transformación.
- **Compromiso de la gente**: posibilidad de que la transformación cuente con mayor adhesión de los agentes encargados del cambio.

Es necesario aclarar en este punto que, si bien la tarea se desarrolla utilizando los tres criterios, al momento de la redacción de este trabajo, se realiza el ejercicio con el primero de ellos.

El equipo de trabajo se compone de agentes que realizan diferente tipo de tarea dentro del hospital. En el grupo de 12 personas, hay personal de la farmacia del hospital, encargados de Higiene y Seguridad, personal de enfermería y de limpieza. Esta diversidad, por un lado, permite captar las percepciones que sobre el particular tienen individuos que realizan tareas claramente diferenciadas dentro de la institución. Por otro lado, existe la contrapartida de que esa diversidad exija mayor discusión para llegar a un consenso.

De acuerdo a la experiencia recogida en anteriores aplicaciones de esta metodología, resulta conveniente que el equipo de trabajo realice ejercitaciones previas en la valoración de distintas alternativas según diversos criterios. Esta práctica resulta útil también, para que el grupo comprenda la forma en que se utiliza la escala de asignación de valoraciones. Una vez asegurada la comprensión de la tarea, se pide a los participantes que valoren las transformaciones según el criterio "Impacto". Estas valoraciones se estandarizan por la suma, las utilidades obtenidas se muestran en la TABLA 3.

Los promedios de las utilidades (última fila TABLA 3) permitirían suponer que la Transformación 1 (segregación) sería la que se considera como más importante por el equipo de trabajo. Le siguen en orden de prioridad, la Transformación 5 (capacitación), aunque casi sin diferenciarse de la T2 (abastecimiento de insumos), sigue la T4

(readecuación del Sitio de Disposición Transitoria) y por último, muy próxima a la anterior, se encuentra la transformación T3 (rutas de recolección).

TABLA 3. Utilidades normalizadas por la suma. Criterio Impacto

IMPACTO	Utilidades Normalizadas				
	Participante	T1	T2	T3	T4
1	0,2500	0,1500	0,1750	0,2250	0,2000
2	0,2632	0,1316	0,2105	0,2368	0,1579
3	0,3200	0,1600	0,1600	0,1600	0,2000
4	0,1500	0,4000	0,1000	0,1500	0,2000
5	0,2273	0,2045	0,2045	0,1818	0,1818
6	0,2632	0,1842	0,1579	0,2105	0,1842
7	0,2078	0,2078	0,1948	0,1818	0,2078
8	0,2286	0,1714	0,1429	0,2000	0,2571
9	0,3000	0,1000	0,2333	0,1333	0,2333
10	0,2465	0,1748	0,1836	0,1941	0,2010
11	0,1915	0,2128	0,2128	0,1915	0,1915

Promedios	0,2268	0,2069	0,1787	0,1804	0,2071
-----------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Sin embargo, para poder afirmar que se ha logrado un orden, la metodología exige que se verifique el cumplimiento de los pasos mencionados en la explicación de los Procesos DRV. Estos son:

- IVR que no supere el 25%.
- Prueba de Hipótesis de Normalidad.
- Pruebas de Hipótesis de Diferencia de Medias.
-

3.2.1. Cálculo del Índice de Variabilidad Remanente.

Este índice permite obtener información acerca de la estabilidad en el proceso de toma de decisión. En el apartado 2.2.1 se definió el IVR como la razón entre la Suma de Cuadrados Dentro de los grupos (SCD) y la Suma de Cuadrados Uniforme (SCU). Para los datos de la TABLA 3, este índice arroja el resultado que se muestra en la TABLA 4.

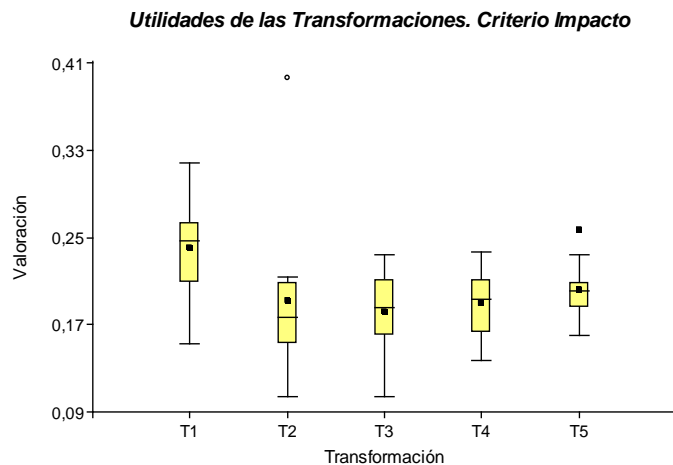
TABLA 4. Cálculo del Índice de Variabilidad Remanente (IVR).

Suma de Cuadrados Uniforme	0,6667
S de C dentro de los elementos	0,1197
Índice de Variabilidad Remanente	17,96%

El IVR obtenido estaría indicando consenso entre los integrantes del equipo de trabajo. Sin embargo, es necesario analizar si también se verifica el requisito de normalidad para luego estudiar el ordenamiento.

Como primer paso para analizar normalidad se recurre a la representación de las utilidades en diagramas de caja. La FIGURA 4 muestra estos diagramas construidos con las utilidades de la TABLA 3. La Transformación 1 parece distinguirse del resto; en el caso de la T2, existe una valoración que se presenta como un dato atípico ya que se diferencia en mucho del resto de las valoraciones realizadas por el equipo; esto, asociado a una fuerte asimetría, permite sospechar una violación al requisito de Normalidad. Agregado a esto, vemos que el objetivo de ordenar las transformaciones no se cumple para T2 a T5 ya que sus valores resultan muy parecidos.

FIGURA 4. Diagramas de Caja de las utilidades de las Transformaciones.



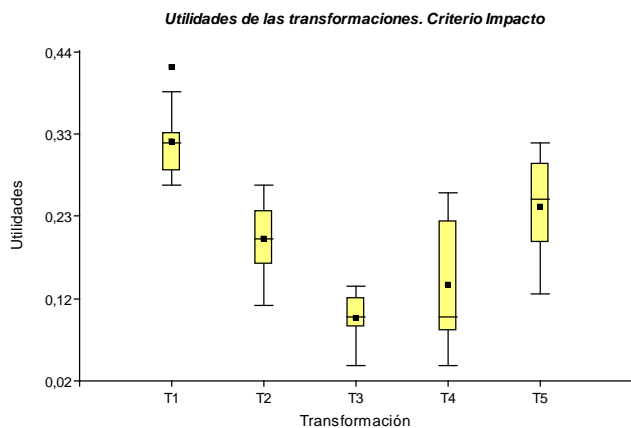
La discrepancia observada en la FIGURA 4 en relación con el requisito de Normalidad, hace necesario plantear nuevamente el tema al equipo de trabajo. Previo análisis de los resultados obtenidos y su discusión, se solicita a los integrantes del grupo, que realicen nuevamente las valoraciones.

Las utilidades, obtenidas en esta segunda instancia, estandarizadas por la suma se muestran en la TABLA 5.

TABLA 5. Utilidades de las transformaciones según el criterio Impacto. Segunda valoración.

IMPACTO	PROMEDIOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
1	0,320000	0,240000	0,040000	0,080000	0,320000
2	0,266667	0,266667	0,100000	0,100000	0,266667
3	0,416667	0,125000	0,125000	0,083333	0,250000
4	0,322581	0,193548	0,096774	0,258065	0,129032
5	0,384615	0,230769	0,038462	0,038462	0,307692
6	0,333333	0,233333	0,100000	0,100000	0,233333
7	0,294118	0,235294	0,088235	0,088235	0,294118
8	0,285714	0,114286	0,114286	0,200000	0,285714
9	0,333333	0,200000	0,133333	0,133333	0,200000
10	0,303030	0,181818	0,121212	0,242424	0,151515
11	0,277778	0,166667	0,138889	0,222222	0,194444
Promedios	0,321621	0,198853	0,099654	0,140552	0,239320

FIGURA 5. Diagramas de caja de utilidades. Segunda valoración.



Los diagramas de caja de los datos de la TABLA 5 se muestran en la FIGURA 5. Ahora sí parece posible diferenciar las utilidades, agregado a esto, los datos no presentan gran asimetría.

Si bien en la transformación T1 hay un dato que se aparta del resto, este apartamiento no es tan grande como para que se lo considere dato atípico.

La TABLA 6 muestra el valor obtenido para el IVR. En este caso, se obtuvo un valor inferior al 25% que indica que las posiciones, luego de la segunda ronda de intercambio de ideas, se han aproximado lo suficiente como para considerar que se está en una situación de consenso aceptable. Por otra parte, las diferencias observadas en las valoraciones (FIGURA5) torna aún más positiva la situación ya que se estaría en condiciones de establecer la jerarquización deseada.

TABLA 6. IVR para las transformaciones. Segunda valoración.

Suma de Cuadrados Uniforme	0,6667
S de C dentro de los elementos	0,1543
Índice de Variabilidad Remanente	23,15%

Sin embargo, queda por verificar el requisito de normalidad de las utilidades para cada transformación. La Prueba de Hipótesis de Normalidad de Pearson es una herramienta estadístico adecuada para esta tarea ya que está diseñada para trabajar con pocos datos. Los resultados obtenidos se muestran en la TABLA 7. Se adopta un nivel de significación del 10% con el propósito de reducir la probabilidad de cometer Error Tipo II que, para esta situación, sería el más peligroso de acuerdo a sus consecuencias (considerar normalidad cuando no la hay).

TABLA 7. Prueba de Hipótesis de Normalidad de Pearson.

	T1	T2	T3	T4	T5
estadístico	0,10688589	0,47124928	0,3223789	0,5152268	0,64123092
Nivel de significación: 0,10			Valor Crítico: 0,821		

Según se ve en la TABLA 7, todos los valores del estadístico se encuentran por debajo del valor crítico establecido para el nivel de significación elegido. Dicho de otro modo, para ninguna de las transformaciones se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Se cumple así con la última exigencia de la metodología utilizada.

Verificados los requisitos anteriores, corresponde realizar el ordenamiento. Para ello se recurre a las pruebas de medias para

muestras apareadas. Como se realizan comparaciones múltiples, es necesario ajustar el valor p (según el nivel de significación adoptado), mediante el cálculo de la Tasa de Falso Descubrimiento (FDR) citada en el apartado 2.2.2 de este mismo trabajo. La TABLA 8 muestra los resultados de las pruebas de hipótesis de comparación de medias.

En la última fila de la TABLA 8 se indica el resultado de cada una de las pruebas de hipótesis de comparación de medias. Este resultado se obtiene del cálculo del valor-p ajustado y su comparación con el valor-p obtenido. En caso de que el obtenido sea inferior al ajustado, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias. Caso contrario no puede afirmarse que exista diferencia entre las utilidades medias de las transformaciones comparadas.

TABLA 8. Resultados de las pruebas de comparación de medias.

T1-T2	T1-T3	T1-T4	T1-T5	T2-T3	T2-T4	T2-T5	T3-T4	T3-T5	T4-T5	
0,1228	0,222	0,1811	0,0823	0,0992	0,0583	-0,0405	-0,0409	-0,1397	-0,0988	DIF. MEDIAS
6,1106	13,0038	6,7804	3,4869	5,5434	2,1403	-1,6717	-1,6298	-6,4171	-3,3005	T-STUDENT
<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0023	<0,0001	0,0448	0,1102	0,1254	<0,0001	0,0036	VALOR-p OBTENIDO
0,0017	0,0034	0,0051	0,0102	0,0068	0,0136	0,0153	0,0171	0,0085	0,0119	VALOR-p CORREGIDO
SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	DIF. SIGNIFICATIVA

Se puede concluir entonces que: la Transformación 1 ocupa el primer lugar en la preferencia del equipo de trabajo, las transformaciones 2 y 5 son preferibles a la Transformación 3 y la Transformación 5 es prioritaria frente a la Transformación 4. No es posible establecer prioridades en los restantes casos.

A modo de conclusión parcial, puede afirmarse que el grupo mejora notablemente en el consenso respecto de sus preferencias y que, claramente considera que la Transformación 1 debe priorizarse frente al resto.

Como ya se dijo, al momento de presentación de este trabajo los autores se encuentran desarrollando la misma tarea para los otros dos criterios (Factibilidad y Compromiso), con el propósito de finalizar con la agregación (por el método lineal) de las utilidades obtenidas. La tarea finaliza con el ordenamiento de las transformaciones propuestas con base en las valoraciones obtenidas.

4. CONCLUSIÓN

El presente trabajo evidencia la complejidad de la gestión de los RP en el Hospital Nacional de Clínicas, dada la multiplicidad de aspectos a

considerar. El edificio no favorece una planificación sencilla del acopio en los puntos de generación, las rutas de recolección ni la disposición transitoria. Desde lo socio cultural, existen costumbres arraigadas que dificultan el establecimiento de nuevos procedimientos acordes a los cuidados que requiere el manejo de residuos peligrosos. En cuanto a los insumos, el sistema de gestión actual no provee adecuadamente los elementos necesarios.

Estos son solo algunos aspectos del problema que pueden establecerse con claridad, gracias a la participación del personal y a la aplicación de la metodología adecuada. Por este medio se puede decidir cuáles son las cuestiones principales a corregir y quiénes deben estar a cargo de realizar la tarea. En este punto, SSM muestra ser una herramienta que permite sintetizar los aspectos más relevantes del problema y cuál debe ser el camino a recorrer para su solución.

Como complemento de la herramienta anterior, la metodología Procesos DRV, permite definir, con participación de los interesados, cuál es el orden en que las transformaciones identificadas deben aplicarse. Aunque aquí solo se presenta esta tarea desarrollada de modo parcial, se evidencia su valor para alcanzar los objetivos buscados. Por un lado, se logra el ordenamiento deseado y por el otro, se consigue el compromiso del grupo de trabajo con las líneas de acción adoptadas. Esto aumenta considerablemente las posibilidades de éxito de las decisiones adoptadas y con ello la de la sustentabilidad del ordenamiento del Sistema de Gestión de Residuos Patógenos.

BIBLIOGRAFÍA

- Benjamini, Y. Hochberg, Y. (1995): "Controlling The False Discovery Rate: A Practical and Powerful Approach to a Multiple Testing". J. Roy. Statist. Soc.
- Benjamini, Y. Yekutieli, D. (2001): "The control of the false discovery rate in multiple testing under dependency". The Annals of Statistics. Vol. 29. Nº 4.
- Cantahede, A. (1999): La gestión y tratamiento de los residuos generados en los centros de atención de salud, OPS - OMS Montevideo.
- CEPIS/OPS/OMS. (1998): Guía para el manejo interno de residuo sólidos en centros de atención de salud. Segunda edición. Lima.

- Checkland P. (1981): "Rethinking a systems approach". *Journal Applied Systems Analysis*. 8, pp 3-14.
- Checkland P. (1985): "Achieving desirable and feasible change: an application of soft systems methodology". *J. Oper. Res. Soc.* 36:821–831.
- Checkland P. (1989): *Soft systems methodology*. In: *Rosenhead J. (ed) Rational analysis for a problematic world: problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*. Wiley, Chichester, pp 71–100.
- Checkland P. (1999): *Systems thinking, systems practice*. Wiley, Chichester.
- Checkland P. (2000): "Soft systems methodology: a thirty year retrospective". *Syst. Res. Behav. Sci* 17, pp. 11–58.
- Checkland P. (2001): *Soft systems methodology*. In: *Rosenhead J, Mingers J (eds) Rational analysis for a problematic world revisited: problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*. 2nd edn. Wiley, Chichester, pp. 61–89.
- Díaz, L.F., savage, G.M., Eggerth, L.L. (2005): "Alternatives for the treatment and disposal of healthcare wastes in developing countries" *Waste Management* 25, 626–637.
- Georgiou, I. (2006): "Managerial Effectiveness from a System Theoretical Point of View". *Systemic Practice and Action Research* 19, pp. 441-459.
- Gibson J, Ivancevich J, Donnelly J (2001): *Organizations: behavior, structure, processes*. Mc Graw Hill.
- IRAM-ISO 9001:2008 Norma Argentina. Sistemas de gestión de la calidad. Organización Internacional para la Estandarización ISO (2008).
- Keeney, R. & Raiffa, H. (1993): *Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs*, J. Wiley.
- LEY 24.051 (1992) Residuos Peligrosos- Honorable Congreso de la Nación Argentina, Boletín Oficial Número: 27307 - 17/01/1992
- Miyazaki, M., Une, H., (2005): "Infectious waste management in Japan: A revised regulation and a management process in medical institutions", *Waste Management* 25, 616–621
- Mostafa, G.M.A., Shazly, M., Sherief, W.I., (2009): "Development of a waste management protocol based on assessment of knowledge and practice of healthcare personnel in surgical departments". *Waste Management* 29, 430–439

- Ozbek, M. Y Sanin, D. (2004): "A study of the dental solid waste produced in a school of dentistry in Turkey". *Waste Management* 24, 339-345.
- Pontelli D., Conforte J., Zanazzi J. L., Castellini M.A., Dimitroff M., Massari P. (2013): Una aplicación de las multimetodologías a la estructuración de un problema complejo. *Anales XXVI Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa (ENDIO)*. Nacional.. Córdoba
- Senge P. (2007). *La quinta disciplina. El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje*. Granica, Buenos Aires.
- Robbins S, Couter M (2000): *Administración*. Pearson. Madrid.
- Rosenhead J., Mingers J. (2004): "Análisis racional reestudiado para un mundo problemático: métodos para estructurar problemas en condiciones de complejidad, incertidumbre y conflicto". Instituto Venezolano de Planificación, España.
- Saaty, T. (1996): *Decision making for leaders: the analytic hierarchy process in a complex world*, 3d, Ed. RWS Publications, Pittsburg, USA.
- Senge P. (2007). *La Quinta Disciplina. El Arte y la Práctica de la Organización Abierta al Aprendizaje*. Granica, Buenos Aires.
- Silva Barros P, Castellini M y Belderrain M (2012): "A systematic planning for improvements in a program of urban food harvest, using the new configuration of Soft Systems Methodology". *Group Decision and Negotiation*, Recife, Brasil.
- Smyth D., Checkland P. (1976): "Using a system approach: the structure of root definitions". *J Appl Syst Anal* 5, pp. 75-83.
- U.S. Congress Office of Technology Assessment (1990): *Congress of the United States. Finding the Rx for managing medical Wastes*. OTA-O-459 U.S. Government Printing Office. Washington DC 1990.
- Valqui Vidal, R. (2010): "La investigación de operaciones: un campo multidisciplinario". *Operational Research: A multidisciplinary Field*, pp. 47-52.
- Verhoeven KJF, Simonsen K, McIntyre LM (2005): "Implementing false discovery rate control: increasing your power". *Oikos* 108, 643-647.
- Zanazzi J., Carignano C, Boaglio L, Dimitroff M y Conforte J. (2006): "Modelación De La Variabilidad En Los Juicios Individuales, Cuando Se Agregan Preferencias En Procesos De Decisión Grupal". *Anales de la IXX ENDIO (Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa) - XVII EPIO (Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa)*. Rosario. Argentina

Zanazzi, J., Carignano, C., Boaglio, L., Dimitroff, M. y Conforte, J. (2007):
"Ordenamiento De Alternativas, Según Preferencias, En Un
Proceso De Decisión Grupal". XX ENDIO - XVIII EPIO. Mar del
Plata. Argentina.

Zanazzi J., Salamon A., Cabrera G., Gonzalez A., Pedrotti B., (2011): La
investigación operativa soft en la estructuración de problemas vinculados
con la orientación vocacional. XXII EPIO - XXIV ENDIO. Río Cuarto,
Córdoba. Argentina.

ENFOQUE MULTIMETODOLÓGICO APLICADO PARA ORDENAR LA PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA PRODUCTIVA

CARMEN BADARÓ

JUAN BOLATTI

CRISTIAN MOYA

JÉSICA ROYÓN

SUSANA VITALI

JOSÉ FRANCISCO ZANAZZI

PALABRAS CLAVE

Producción de medicamentos, Soft System Methodology, Project Management Body of Knowledge

1. INTRODUCCIÓN

La construcción e implementación de una planta productora de medicamentos puede considerarse como un problema que presenta complejidad, porque se encuentra afectada por diferentes niveles de incertidumbre e incluso, elevadas posibilidades de que se presenten situaciones conflictivas.

El término complejidad hace referencia a que en el proyecto analizado en este trabajo, es necesario considerar no sólo elementos técnicos, como máquinas y herramientas, sino también diversos sistemas sociales que interactúan durante la implementación y desarrollo de las actividades del proyecto. En efecto, además de la organización propietaria de la planta juegan roles muy activos los contratistas, los empleados y los propios clientes. Cada una de estas entidades puede tener percepciones e intereses que a menudo no es posible compatibilizar con facilidad.

En situaciones como esta, es conveniente que el análisis sea realizado con un enfoque multi-metodológico, como plantea Mingers (2011). Por su parte, Franco y Montibeller (2011) asegura que una combinación creativa de distintas herramientas, amplía la potencia del análisis y permite identificar soluciones más ajustadas al problema en estudio.

Con ese convencimiento, para el estudio de este problema concreto se decidió aplicar una versión mejorada del método denominado Soft System Methodology (SSM), a fin de posibilitar un enfoque sistémico de la problemática planteada. Esta aproximación ha sido propuesta por Checkland (1981 y 2000) y se caracteriza por valorar la visión que cada uno de los actores o roles intervinientes tiene acerca de la situación. A partir de esta base el método contempla actividades de naturaleza constructivista, que contribuyen a encontrar soluciones adecuadas y consensuadas.

A los fines de este trabajo se emplea una versión de la SSM propuesta por Georgiou (2006, 2008). La misma contempla tres fases distinguibles, donde la primera incluye entrevistas con las partes interesadas donde se construye en conjunto una “figura rica” y por otra parte, se identifican los roles intervinientes, las relaciones de poder entre los mismos y las restricciones que deben considerarse a la hora de buscar soluciones.

En la segunda fase, el método realiza el análisis denominado CATWOE, característico del SSM, mediante el cual se especifican las transformaciones que conviene realizar sobre el sistema. Esta definición se complementa con la redacción de una definición raíz para cada transformación, a fin de verbalizar las transformaciones y sus correspondientes condiciones.

En este trabajo, la identificación de las transformaciones necesarias se facilitó con la aplicación de herramientas usuales en Enfoque de Procesos (Gryna, Chua & Defeo, 2007). Para la tercera fase, la que en términos de SSM se denomina Sistema de Actividades Humanas, se utiliza en este caso una herramienta de administración de proyectos, para la Gestión de Proyectos, la PMBOX (Project Management Body of Knowledge) en sus etapas de Procesos de Iniciación y Procesos de Planificación, el cual puede apoyarse en herramientas computacionales libres.

Corresponde precisar que una versión preliminar de los contenidos de este capítulo fueron presentados en la reunión anual de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa (EPIO), realizada en Mayo de 2013. De este modo, se considera que la ponencia ha sido sometida a evaluación previa, tanto de los árbitros como de los especialistas presentes en dicha reunión científica, lo que puede considerarse como evidencia de que al menos reúne estándares básicos de calidad.

En cuanto a la estructura del trabajo, después de esta introducción se desarrolla el trabajo. En primer lugar se presenta la fase 1 del SSM y se analizan sus principales resultados; a continuación se describe la fase

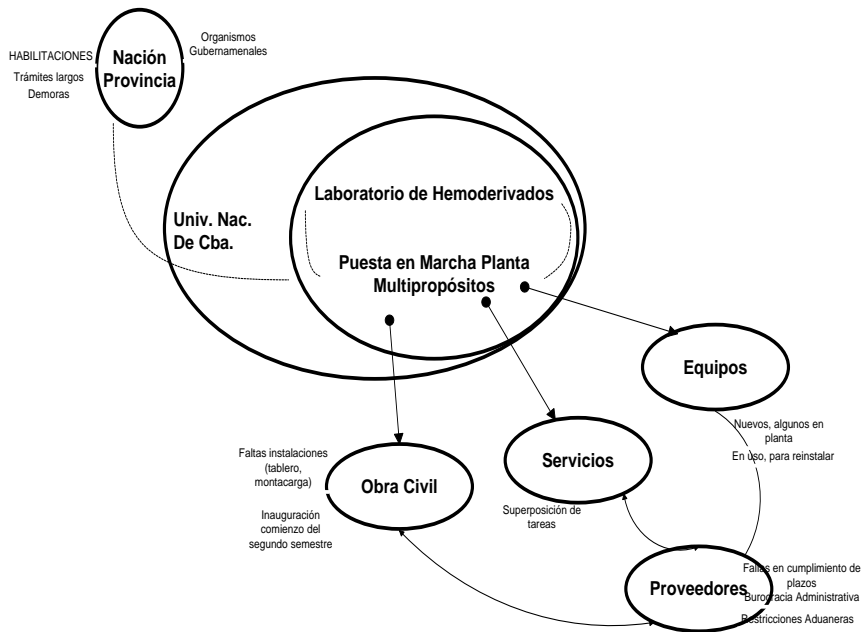
2 con la descripción de las transformaciones planteadas y de las consideraciones necesarias para su implementación; finalmente se describe el desarrollo del plan de acción y se presentan algunos tramos del mismo. El artículo cierra con conclusiones que destacan la potencia de los métodos utilizados y el interés y compromiso que ha despertado en la organización, el empleo de estas herramientas.

2. DESARROLLO

2.1. Análisis preliminar del problema

A los fines de esta fase del estudio, se decidió trabajar, como dueño de los procesos y responsables de la toma de decisiones, planificando entrevistas con otros actores que tienen que ver con el problema. Se realizaron reuniones entre los sectores de interés y se rescataron percepciones, posturas, necesidades y exigencias de los mismos.

FIGURA 1. "Figura Rica", diagrama que representa el problema general



Comenzamos realizando la Figura Rica, de la que se desprende una visión general y gráfica del problema, el contexto y las relaciones

que pudieran existir entre ellos. La información obtenida se expresó en ésta representación única la que se discute nuevamente con los sectores de interés, se realizan los ajustes y se consiente el resultado obtenido.

A continuación, se efectuaron relevamientos destinados a identificar a los roles a considerar en el sistema, las restricciones generales del mismo y las interrelaciones entre los actores. Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas.

TABLA 1. “Análisis I”: actores involucrados

ACTORES	DESCRIPCIÓN DEL ROL
LABORATORIO DE HEMODERIVADOS	Dirección Ejecutiva (DE): Establece políticas, define el presupuesto y autoriza los medios económicos para la puesta en marcha.
	Dirección de Planta (DP): Organiza, gestiona y planifica las diferentes actividades. Relaciones con proveedores.
	Dirección Técnica (DT): Coordina los tópicos de garantía de calidad. Tramita ante las autoridades sanitarias. Aprueba protocolos de validación y calificación.
	Comisión de Seguimiento de Obra (CSO): Planifica, controla y hace el seguimiento de las obras civiles. Suministro de equipamiento
	Producción (PR): Ejecuta los procesos de validación y califica los equipos. Define los protocolos de validación junto con GC. Ejecuta, revisa y verifica la documentación emitida.
	Aseguramiento de Calidad (AC): Es el coordinador de las validaciones y calificaciones y coordina capacitaciones. Define con producción los protocolos de calidad. Revisa y verifica la documentación generada.
	Ingeniería de Planta – Mantenimiento (IP): Prevé los requerimientos para instalación y puesta en marcha de los equipos. Participa en validaciones y calificaciones de ambiente o equipos. Genera plan de mantenimiento
	Administración (AD): Gestión de compras y contrato de servicios. Facilita los insumos requeridos para las validaciones y calificaciones
	Control de Calidad (CC): Realizar soporte analítico en validaciones
UNC	Autoriza la ejecución de obras propuestas por el LHD, la compra de equipamiento de montos elevados. Auditoría administrativa. Regula la aplicación de normas de H y S
PROVEEDORES	Brindan el cumplimiento del abastecimiento insumos, equipos y servicios Capacitan al personal en el manejo y mantenimiento del nuevo equipamiento e instalaciones Proveer la documentación necesaria de los equipos: manual de uso, mantenimiento y calificaciones.
ORGANISMOS GUBERNAMENTALES	INAME/ANMAT Otorgan la habilitación nacional para funcionamiento de la planta Establecen las normas generales que afectan o condicionan la puesta en marcha. Ministerio de Salud Provincial, otorga la habilitación provincial para el funcionamiento de la planta en el ámbito de la provincia, y es condición para empezar el trámite a nivel nación. Habilitación de seguridad: Bomberos Habilitación de servicio: Ecogas

En la anterior tabla se identifican los Actores, son las partes que deben resolver el problema que están involucrados en la situación, persona física o entidades constituidas por personas físicas, y establecer cuál es el rol de los mismos ante la problemática.

En el “Análisis II” se trata de identificar las dinámicas socio-culturales del contexto del problema, como el entorno afecta al problema, facilidades y restricciones que debemos considerar. No hablamos de las situaciones que podamos manejar o que están bajo nuestro control.

TABLA 2. “Análisis II”: contexto del problema

FACTORES Y RESTRICCIONES	EXPLICACIÓN
Demora en la entrega de equipos	Se refiere al cumplimiento de los plazos de entrega e instalación de los equipos.
TERCERISTAS (Disponibilidad de proveedores)	Corresponde al grupo de proveedores seleccionados y calificados como tal para las distintas actividades que se deban realizar o desarrollar.
Demoras en habilitaciones por parte de los Organismos Gubernamentales (ANMAT, MinSal)	No cumplimiento de las normativas vigentes o exigencias adicionales que retrasen la puesta en marcha.
Acceso a recursos económicos	Disponibilidad de presupuesto para poder afrontar imprevistos.
Políticas universitarias	Apoyo nacional a la producción pública de medicamentos Apoyo de la autoridades de la gestión actual al desarrollo de la planta. Burocracia administrativa universitaria que interfiera en compras y/o contrataciones.

Por otro lado, el Análisis III permite describir las relaciones de poder entre las personas físicas o entidades involucradas y el modo en que las mismas se vinculan entre sí.

Entonces, dada la situación problemática, es necesario comprender QUIEN/QUE (Análisis I) están en el problema. Estar involucrados implica una relación de poder de participación con el problema que puede o no ser descriptible e identificable (Análisis III). Esto implica un vínculo esencial entre el Análisis I y III, que para cada artículo del Análisis I una descripción de poder debe ser listado en el Análisis III. Además los implicados y sus relaciones de poder, están inmersos en un contexto que puede ser caracterizado acordando varios grados de evidencia concreta y pruebas (Análisis II). Es decir, los tres análisis no sólo son

tres listas, sino que permiten una descripción esencial del contexto problemático que surge de las listas en su conjunto.

TABLA 3. “Análisis III”: relaciones de poder

ACTORES	RELACIONES DE PODER
LABORATORIO DE HEMODERIVADOS	Dueño de la obra de la nueva planta multipropósito. Planifica, administra, gestión y realiza el seguimiento de la obra Coordina y ejecuta las tareas para la puesta en marcha
PROVEEDORES	Realizan la provisión de insumos, equipos y servicios. Capacitan y generan la documentación del suministro
ORGANISMOS GUBERNAMENTALES	Condicionan y regulan las habilitaciones requeridas.
Universidad Nacional de Córdoba	Facilita los circuitos administrativos de las compras, aprueba el plan de inversiones, realiza auditorías administrativas y de higiene y seguridad.

Los tres análisis son una herramienta analítica de las que podemos elegir a alguien involucrado, identificar el tipo y extensión de su poder y describir su posición contextual. De esta manera, tenemos una comprensión más rica de la situación contextual. Además en situaciones que requieran de tomas de decisiones, en ausencia de datos claros, puede ser la diferencia entre, por un lado, un tomador de decisiones perdido por donde comenzar, y por el otro, un tomador de decisiones eficaz capaz de utilizar con más recursos la información que hay disponible. La Figura Rica y los Análisis I, II y III constituyen las herramientas de pensamiento, que permiten la construcción de conocimiento, en particular del conocimiento contextual.

2.2. Identificación de las transformaciones necesarias

Una vez planteada la situación problemática, es necesario identificar los cambios requeridos para hacer posible la resolución del problema.

FIGURA 2. Árbol de Problemas y de Causas

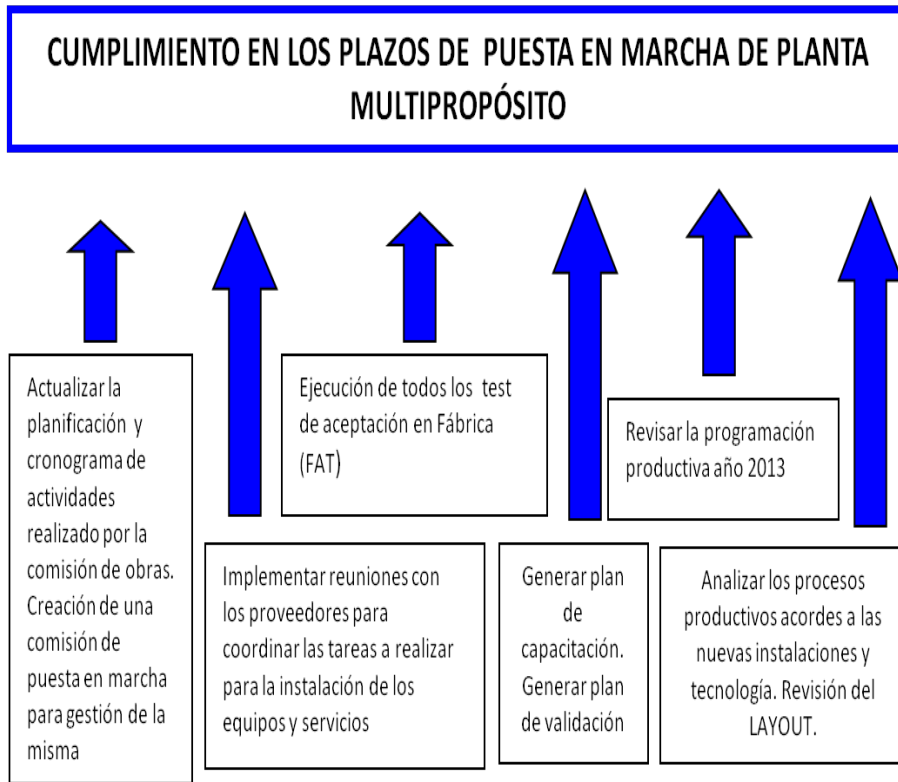


La metodología SSM proporciona una lógica que permite a los usuarios definir los problemas de una manera bastante exacta. La lógica dice:

- 1) Una situación problemática implica un estado indeseable que deber ser transformado en un estado deseable
- 2) Identificar evidentemente las transformaciones requeridas en la situación problemática
- 3) En conjunto, esas transformaciones simultáneamente definen el problema y el estado deseable.

Apoyándonos en la herramienta Árbol Problemas-Causas y el de Causas-Acciones, cada uno de los modos de falla debe tener una causa profunda, arraigada en el sistema, que hace posible su aparición. Podemos prever las dificultades y pensar en acciones que permitan eliminarlas o controlarlas.

FIGURA 3. Árbol de Causas y de Acciones



Por otra parte, el método pide que verbalicemos y que lo planteemos por escrito.

TABLA 4. Fallas – Causas – Acciones

Item	FALLAS	CAUSAS	TRANSFORMACIONES
1	DEMORAS EN LOS PLAZO DE ENTREGA O INSTALACION DE EQUIPOS Y SERVICIOS	Falta de planificación para definir un cronograma de entregas con los proveedores. Problemas no contemplados o imprevistos.	Actualizar la planificación de la CSO, para ello se creará una comisión específica para la puesta en marcha, la cual gestionará todas las nuevas actividades.
2	FALLAS DE FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS	Errores constructivos. Errores de especificaciones. Errores de diseño. Falta de conocimiento técnico específico en el armado de los pliegos de licitación.	Gestionar la ejecución de los test de aceptación en fábrica (FAT), cumplimentando todos los pasos requeridos para la calificación de equipos.
3	FRICCIONES ENTRE DISTINTOS PROVEEDORES	Las compras se realizan por licitaciones o concursos públicos, por ende las adjudicaciones pueden ser realizadas a distintos proveedores.	Implementar reuniones con los proveedores para coordinar las tareas a realizar en las instalaciones.
4	DEFICIENCIA EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS	Falta de revisión del proceso	Analizar los procesos acordes a las nuevas instalaciones y tecnologías

A partir de las líneas de acción identificadas en el análisis anterior es posible plantear las transformaciones, las que deben ser de sistema.

TABLA 5. Transformaciones

Código	LÍNEAS DE ACCIÓN	SISTEMA ACTUAL	SISTEMA TRANSFORMADO
T1	Actualizar la planificación de la CSO, para ello se creará una comisión específica para la puesta en marcha, la cual gestionará todas las nuevas actividades	No se cuenta con un cronograma de actividades para la puesta en marcha	Disponibilidad de un plan y cronograma definido que incluye el plan de validación y capacitación generado y controlado por la comisión de puesta en marcha
T2	Gestionar la ejecución de los test de aceptación en fábrica (FAT), cumplimentando todos los pasos requeridos para la calificación de equipos.	Algunos equipos se instalan encontrándose fallas funcionales. Para algunos equipos importados no se plantea la ejecución del FAT por costos económicos	Se ejecuta el FAT de todos los equipos adquiridos, cumpliendo con toda la documentación de calificación
T3	Implementar reuniones con los proveedores para coordinar las tareas a realizar en las instalaciones.	Equipos y servicios son adjudicados a diferentes proveedores. Hay interferencias entre los mismos.	Las instalaciones son realizadas coordinadamente entre los distintos proveedores y el laboratorio de hemoderivados
T4	Analizar los procesos acordes a las nuevas instalaciones y tecnologías	No se cuenta con un análisis de los procesos acordes a la nueva planta	El proceso productivo se ajusta a las nuevas instalaciones y tecnologías, con un layout acorde y un escalado conveniente.

SSM proporciona una herramienta conceptual llamada CATWOE nemotécnico, el que incorpora la transformación y posteriormente obliga a cinco preguntas. El CATWOE dice: dame una transformación, dime quién está involucrado y cómo están involucrados, dime porque ésta transformación se debe hacer, y proporcionar las restricciones que deben tenerse en cuenta al pensar y planificar esta transformación.

TABLA 6. CATWOE

Nº	C: Clien te	A: Act or	Transformaciones		W: Justificación	O: Dueño	E: Restricción
			Situación Actual	Situación Mejorada			
1	LHD	AC, PR, IP, DP, DT, DE	No se cuenta con un cronograma de actividades para la puesta en marcha	Disponibilidad de un plan y cronograma definido generado y controlado por la comisión de puesta en marcha. Incluye plan de validación y capacitación,	Permite evitar la pérdida de tiempo, costos producidos por el retraso e inconvenientes administrativos	DE, DP, DT, Proveedores	Políticas universitarias. Terceristas.
2	LHD	AC DP IP PR	Algunas instalaciones tienen fallas funcionales. En algunos equipos importados no se ejecuta el FAT.	Se ejecuta el FAT de todos los equipos adquiridos, cumpliendo con toda la documentación de calificación	Posibilita ahorrar tiempos y costos. No producir gastos extras en el mantenimiento Evitar las reticencias de los usuarios	DE OG	Recursos económicos Cumplimiento de normas
3	LHD	DP IP Proveedores	Equipos y servicios son adjudicados a diferentes proveedores con interferencias entre ellos	Las instalaciones son realizadas coordinadamente entre los distintos proveedores y el laboratorio de hemoderivados	Permite evitar los conflictos entre los proveedores y que las instalaciones sean correctas	Proveedores	Predisposición de los terceristas
4	LHD	DP PR AC	No se cuenta con un análisis de los procesos acordes a la nueva planta	Proceso productivo se ajustado en instalaciones y tecnologías, con un layout y escalado acorde.	Posibilita optimizar los recursos para producir en la nueva planta	DE, DT, DP, OG	Recursos económicos Habilitaciones

SSM requiere de las Definiciones Raíz, las cuales permiten que los tomadores de decisiones resuman en una expresión única, los distintos elementos del CATWOE que se vinculan con cada transformación.

Esta es una de las definiciones elaboradas: “El Laboratorio de Hemoderivados debe gestionar la puesta en marcha en tiempo y forma de la planta multipropósito, generando una planificación y cronograma

definidos que incluya validaciones y capacitaciones, apuntando al cumplimiento de las buenas prácticas de fabricación, con las instalaciones y equipos en correcto funcionamiento, con el fin de lograr procesos productivos acordes a las nuevas instalaciones y tecnologías.”

2.3. Sistema de Acciones Humanas

En esta fase se usan herramientas de la Administración de Proyectos. Definidas las transformaciones, que pueden considerarse como Objetivos Generales de nuestro proyecto, es necesario Planificarlo.

Al respecto, se acepta que un Proyecto es un plan único e irreplicable, que se pone en marcha para alcanzar el producto específico, en un plazo determinado y dentro de un presupuesto establecido.

Necesitamos poner en marcha la planta productiva multipropósito, lo que requiere de una inversión, tiene incertidumbres (porque no contamos con toda la información para asegurar los resultados) y tiene riesgos (porque hay una probabilidad de no lograr el resultado).

Hablamos de la Gestión de Proyectos (PM) que se ha convertido en una disciplina que comprende la planificación, la organización, la dirección y el control de los recursos de una organización durante un plazo determinado, para alcanzar metas y objetivos específicamente establecidos. La PM puede estructurarse como un conjunto articulado de procesos definidos y estandarizados, esa articulación es particular para cada organización y para cada proyecto.

Hay organizaciones referentes que estudian y proponen Procesos (conjunto de actividades interrelacionadas que, cumpliendo una función y empleando determinados recursos, transforman elementos de entrada en elementos de salida, productos o resultados) para la Gestión de Proyectos, una de ellas es Project Management Institute, que propone la PMBOX (Project Management Body of Knowledge)

Para un proyecto determinado, el director del proyecto, en colaboración con el equipo del proyecto, siempre tiene la responsabilidad de determinar cuáles son los procesos apropiados, así como el grado de rigor adecuado para cada proceso.

Los directores del proyecto y sus equipos deben abordar cuidadosamente cada proceso, así como las entradas y salidas que lo constituyen. Este esfuerzo se conoce como adaptación. La Gestión de proyectos es una tarea integradora que requiere que cada proceso del producto y del proyecto esté alineado y conectado de manera adecuada con los demás procesos, a fin de facilitar la coordinación. Normalmente, las acciones tomadas durante un proceso afectan a ese proceso y a otros procesos relacionados. Por ejemplo, un cambio de alcance afecta

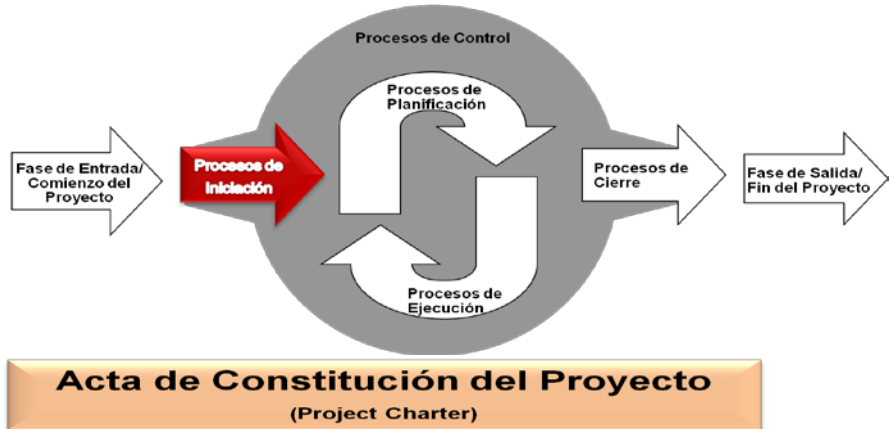
generalmente al costo del proyecto, pero puede no afectar al plan de comunicación o a la calidad del producto.

Los Procesos para la Gestión de Proyectos de un proyecto son:

- Proceso de Iniciación
- Proceso de Planificación. Etapa hasta la que desarrollaremos esta presentación.
- Proceso de Ejecución
- Procesos de Seguimiento y Control
- Proceso de Cierre

En el Proceso de Iniciación, se realizará el Acta de constitución del proyecto “Project Charter”, en ella se vuelcan las necesidades y expectativas, y ayuda a aclarar los planteos que se irán presentando durante su desarrollo.

FIGURA 4. Proceso de Iniciación



Formalmente podemos llevar el número de revisiones realizadas cada vez que se realicen modificaciones.

En ella se vuelcan los siguientes datos: control de versión; nombre del proyecto; sigla; propósito (fin último, objetivo de nivel superior por el cual se ejecuta el proyecto, relaciones con otros programas o estrategias de la organización; Objetivos del proyecto (resultados que se pretenden alcanzar con el producto del proyecto); descripción del producto, requisitos del proyecto, hitos, presupuesto preliminar, principales riesgos, entidades o unidades organizacionales que intervienen en el proyecto; designación de gerente del proyecto y del responsable de autorización del proyecto.

TABLA 7. Acta de Constitución

CONTROL DE VERSIONES					
Versión	Fecha	Realizada por:	Revisada por:	Aprobada por:	Observaciones
1	25/10/12	Cristian Moya,			
2	16/11/12	Carmen Badaro, Jesica Royon, Susana Vitali, Juan Rollati			

ACTA CONSTITUCION DE PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO	SIGLAS DEL PROYECTO
Implementación de Procesos de Planta MultiPropósito	IPPMP
PROPOSITO DEL PROYECTO: fin último, objetivo de nivel superior por el cual se ejecuta el proyecto. Enlace con programas, portafolios, o estrategias de la organización.	
<p>El laboratorio de Hemoderivados pretende alcanzar una meta estratégica de incrementar la producción actual de medicamentos inyectables de bajo volumen e incorporar nuevas líneas de productos en la planta multipropósito</p>	
OBJETIVOS DEL PROYECTO: resultados que se pretenden alcanzar con el producto del proyecto. Deben consignarse tanto cualitativos como cuantitativos.	
<p>Producir medicamentos inyectables de bajo volumen cumpliendo con estándares internacionales y nacionales de calidad. El volumen total de producción de ampollas alcanzará una meta de 10 millones de ampollas anuales.</p>	
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO DEL PROYECTO: bien tangible o intangible, servicio o capacidad a generar	
<p>Tener una planta multipropósito con:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones, equipos y servicios, validados y calificados. - Personal calificado para el trabajo en la planta nueva. - Procesos ajustados a la nueva planta. - Implementación de los procesos para la producción en la nueva planta 	
REQUISITOS DEL PROYECTO: descripción de alto nivel de requerimientos funcionales, no funcionales, de calidad, etc.	
<p>Los requisitos más significativos del proyecto son :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de agua calidad farmacéutica (acorde a farmacopea vigente). - Sistema de aire calificado.(acorde a ISO16444-de calificación de ambientes) - Habilitaciones.(acorde disp..2819/04, y disposición del ministerio de salud de la provincia) -procesos productivos acorde a las buenas prácticas de fabricación 	

HITOS ESENCIALES DEL PROYECTO.	
HITO o EVENTO SIGNIFICATIVO	FECHA ESPERADA
- Calificación de agua calidad farmacéutica.	12/04/13
- Calificación de ambientes.	8/02/13
- Calificación de equipos.	9/08/13
- Calificación de personal.	9/08/13
- Validación de procesos.	9/08/13
Inicio de producción	2do semestre 2013

PRESUPUESTO PRELIMINAR DEL PROYECTO.	
CONCEPTO	MONTO
Empresa calificador de ambientes(SVS)	70000
Instalación de gas envasado	16000
Total:	86000

PRINCIPALES RIESGOS DEL PROYECTO: descripción a alto nivel de los factores que pueden afectar negativamente al proyecto
- No cumplimiento de las calificaciones lo que demoraría el inicio de producción
- Incumplimiento de plazos de entregas.(equipo, calificación, validaciones)
- Incumplimiento de la habitación requerida
-optima capacitación del personal técnico

ENTIDADES o UNIDADES ORGANIZACIONALES QUE INTERVIENEN EN EL PROYECTO.	
ENTIDAD O UNIDAD ORGANIZACIONAL	FUNCIÓN A CUMPLIR
- Laboratorio de Hemoderivados	Administrador y facilitador
- UNC	Autoridad
- INAME	Regulación
- Bomberos - Ecogas	Regulación
- Ministerio de alud de la Provincia	Regulación

DESIGNACIÓN DEL GERENTE DEL PROYECTO.	
NOMBRE	Cristian Moya
NIVEL DE AUTORIDAD:	Dirección de Planta – Nivel 2

RESPONSABLE DE AUTORIZACIÓN EL PROYECTO.		
NOMBRE y APELLIDO	CARGO	ENTIDAD
Catalina Massa	Dirección Ejecutiva	Laboratorio de Hemoderivados

Identificamos los Stakeholders (SH) ya vistos en el Análisis I y III, se hace un análisis más detallado, describimos sus perfiles y responsabilidades, intereses, participación e impacto en el éxito del proyecto.

TABLA 8. Resumen de Stakeholders

CONTROL DE VERSIONES					
Versión	Hecha por	Revisada por	Aprobada por	Fecha	Motivo
1	MSVitali, CBadaró, JRoyon, CMoya, JBollati				

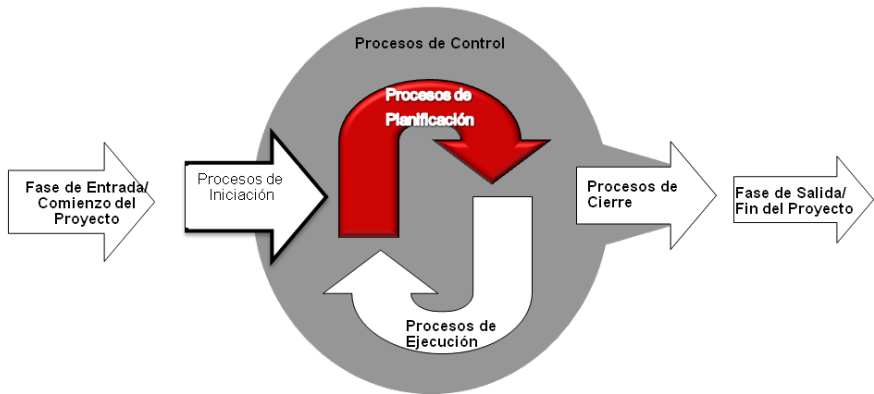
Resumen de Stakeholders

Stakeholder	Descripción	Responsabilidades
Dirección Ejecutiva	Máxima autoridad LHD Es compuesto por 8 miembros y un Director Ejecutivo designado	Administra LHD Autoriza o no el presupuesto del proyecto
Director de Planta	Define coordinación y gestión de los recursos para el proyecto	Ejecutar el proyecto
Dirección Técnica / Aseguramiento	Conjunto de departamentos que ejecutan las tomas de garantía y de Calidad con un Responsable definido ante la Autoridad Sanitaria, Director Técnico.	Cumplimiento y aprobación de Normativa Vigente
Producción	Planifica, ejecuta y define el proceso productivo	Cumplimiento BPFyC y cumplir con la programación
Ingeniería Planta / Mantenimiento	Realiza el mantenimiento, instalaciones, servicios y equipos. Planifica Planifica mantenimiento preventivo	Mantener el correcto funcionamiento de los equipos, instalaciones y servicios.

El Acta de constitución y el análisis de los SH son los elementos de entrada del Proceso de Planificación.

El Proceso de Planificación está compuesto por aquellos procesos realizados para establecer el alcance total del esfuerzo, definir y refinar los objetivos, y desarrollar la línea de acción requerida para alcanzar dichos objetivos.

FIGURA 5. Proceso de Planificación



Incluye los siguientes Procesos:

- Recopilación de requerimientos (consiste en definir y documentar las necesidades de los interesados y los requerimientos que deben ser satisfechos a través del cumplimiento de las metas proyecto)
- Definición de Alcance (está relacionado con el COMO voy a realizar el proyecto y con el QUE productos voy a entregar para alcanzar los objetivos), es la base para la definición de las actividades que se deben realizar; la estimación de tiempos, costos y recursos; la asignación clara de responsabilidades; la medición del desempeño y el control; y la toma de decisiones futuras. Ver Tabla 9.
- Planificación de la calidad
- Construcción de la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT). Presenta un organigrama de las actividades de un proyecto, reduce los proyectos más complejos a un conjunto de actividades en las que se pueden determinar los recursos requeridos y cuya duración y costos pueden ser estimados con certeza. Asigna responsabilidades y establece líneas de autoridad y mando entre los mismos. Sirve como base para el presupuesto. Ver Figura 6.
- Secuenciar las actividades, necesarias para lograr los objetivos del proyecto.
- Estimar los recursos y duración de las actividades. Desarrollar cronograma.

TABLA 9. Scope Statement

CONTROL DE VERSIONES					
Versión	Hecha por	Revisada por	Aprobada por	Fecha	Motivo
1	C Moya C Badaró, J Bollati, J Royón, M S Vitali			20/11/12	

SCOPE STATEMENT

NOMBRE DEL PROYECTO	SIGLAS DEL PROYECTO
Implementación de Procesos de Planta Multipropósito	IPPM

Descripción del Proyecto

Con el objetivo de aumentar la producción de medicamentos genéricos de bajo volumen (UNC-FÁRMACOS), el Laboratorio de Hemoderivados de la Universidad Nacional de Córdoba decidió dentro de sus proyectos estratégicos 2008-2013 la construcción de la nueva Planta Multipropósito con mayor capacidad productiva y además con la posibilidad de utilizar la misma para diversificar la producción. En una primera etapa se realizará la inauguración oficial de las instalaciones previstas para el 28 de noviembre del corriente año, para la cual no será necesario que se encuentren en la planta todos los equipos y los servicios en total funcionamiento. Se prevé el inicio de la actividad productiva hacia mediados del año 2013, por tal motivo deben estar todo el equipamiento y los sistemas de soporte con sus respectivas validaciones, como así también la documentación requerida para su habilitación por parte de las autoridades sanitarias y el personal técnico debe estar capacitado para iniciar la producción en óptimas condiciones. En una primera etapa se tratará de reproducir el proceso actual hasta la optimización y conocimiento de la nueva tecnología; por tal motivo se analiza en este proyecto la puesta en marcha de la nueva planta con el objetivo de tomar decisiones adecuadas o realizar mejoras tendientes a un trabajo organizado y armónico entre los distintos actores.

Objetivo del proyecto

Revisar la planificación y cronograma de trabajo ejecutado por la Comisión de Seguimiento de Obras y optimizar las tareas acorde a las necesidades para el inicio de la producción de medicamentos genéricos inyectables.
Formar una comisión específica y relacionada con la puesta en marcha de la planta multipropósito para garantizar la validación de servicios, equipos, capacitación del personal y la habilitación de la planta multipropósito por parte de la Autoridad Sanitaria.
Planificar y coordinar tiempos con los proveedores de los servicios y equipos y optimizar la ejecución de los test de aceptación en fábrica (FAT)

DESCRIPCIÓN DEL ALCANCE DEL PRODUCTO	
REQUISITOS: CONDICIONES O CAPACIDADES QUE DEBE POSEER O SATISFACER EL PRODUCTO PARA CUMPLIR CON CONTRATOS, ESPECIFICACIONES, U OTROS FORMALMENTE IMPUESTOS.	CARACTERÍSTICAS: PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS, BIOLÓGICAS, O PSICOLÓGICAS, QUE SON DISTINTIVAS DEL PRODUCTO, Y/O QUE DESCRIBEN SU SINGULARIDAD.
Farmacopea vigente(USP, PhEu, farmacopea argentina)	Estructura y ambientes acorde a la producción de medicamentos inyectables (ambientes calificados, agua calidad farmacéutica, automatismos validados.
Normas ISO 16444, ICHs	Personal calificado para la producción de medicamentos inyectables.
Sistema de calidad de medicamentos inyectables	Participación en la producción publica de medicamento
Disp. 2819/04	Cumplimiento de lay out acorde a los procesos productivos

ENTREGABLES DEL PROYECTO: PRODUCTOS ENTREGABLES INTERMEDIOS Y FINALES QUE SE GENERARÁN EN CADA FASE DEL PROYECTO.

FASE DEL PROYECTO	PRODUCTOS ENTREGABLES
Plan de validación de agua	Sistema de agua validado
Plan de validación de aire y ambientes	Sistema de aire y ambiente validados
Plan de capacitación del personal	Personal capacitado
Proceso productivo	Validación de llenado aséptico aprobado Plan validación del proceso Metodologías de limpieza validados
Obra civil	Planta conforme a BPF, planos de fin obra aprobados.

RESTRICCIONES DEL PROYECTO: FACTORES QUE LIMITAN EL RENDIMIENTO DEL PROYECTO, EL RENDIMIENTO DE UN PROCESO DEL PROYECTO, O LAS OPCIONES DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO. PUEDEN APLICAR A LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO O A LOS RECURSOS QUE SE EMPLEA EN EL PROYECTO.

INTERNOS A LA ORGANIZACIÓN	AMBIENTALES O EXTERNOS A LA ORGANIZACIÓN
Disponibilidad de personal para el desarrollo de las tareas tanto de planificación como de ejecución	Disponibilidad de proveedores calificados para la ejecución del proyecto
Resistencia y adaptación a la utilización de la nueva tecnología	Habilitaciones (Nacional, provincial)
Cambios de gestión de las autoridades universitarias	Estabilidad económica del país

EXCLUSIONES DEL PROYECTO: ENTREGABLES, PROCESOS, ÁREAS, PROCEDIMIENTOS, CARACTERÍSTICAS, REQUISITOS, FUNCIONES, ESPECIALIDADES, FASES, ETAPAS, ESPACIOS FÍSICOS, VIRTUALES, REGIONES, ETC., QUE SON EXCLUSIONES CONOCIDAS Y NO SERÁN ABORDADAS POR EL PROYECTO, Y QUE POR LO TANTO DEBEN ESTAR CLARAMENTE ESTABLECIDAS PARA EVITAR INCORRECTAS INTERPRETACIONES ENTRE LOS STAKEHOLDERS DEL PROYECTO.

No incluirá el escalado del proceso productivo y la incorporación de nuevas líneas de productos.

SUPUESTOS DEL PROYECTO: FACTORES QUE PARA PROPÓSITOS DE LA PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO SE CONSIDERAN VERDADEROS, REALES O CIERTOS.

INTERNOS A LA ORGANIZACIÓN	AMBIENTALES O EXTERNOS A LA ORGANIZACIÓN
Personal capacitado para la ejecución del proyecto	Proveedores Calificados
Disponibilidad de presupuesto	Apoyo de las nuevas autoridades universitarias para la continuidad del proyecto
Capacidad adecuada de los sistemas de soporte	Restricciones aduaneras e impositivas

Se plantean acá las siguientes preguntas: ¿Qué debe haberse hecho antes de esto?, ¿Qué puede hacerse a la vez?, ¿Qué debe seguir a lo que hacemos ahora?

Tener en cuenta restricciones, supuestos, dependencias obligatorias, dependencias discrecionales, dependencias externas, entre otras.

Se completan las fichas de cada tarea a la que llamamos Especificación de Tarea y procedemos a la Representación Gráfica de la Ordenación de Tareas, para la cual existen varios métodos:

- Diagrama de Gantt
- Diagrama de Precedencias
- Diagrama de flechas.

En la presenta aplicación, se usa el Diagrama de Gantt, el mismo es un cuadro de doble entrada, tiempo en función de tareas.

En la actividad práctica se procedió al uso de herramientas computacionales tales como el software Project de Microsoft.

- Estimar costo
- Determinar presupuesto
- Desarrollar el plan de recursos humanos
- Planificar las comunicaciones
- Planificar y gestionar los riesgos
- Análisis cuali y cuantitativo de los riesgos
- Planificar respuesta a los riesgos.

Estos últimos procesos no son abordados en esta presentación.

FIGURA 6. Estructura de Desglose de Trabajo

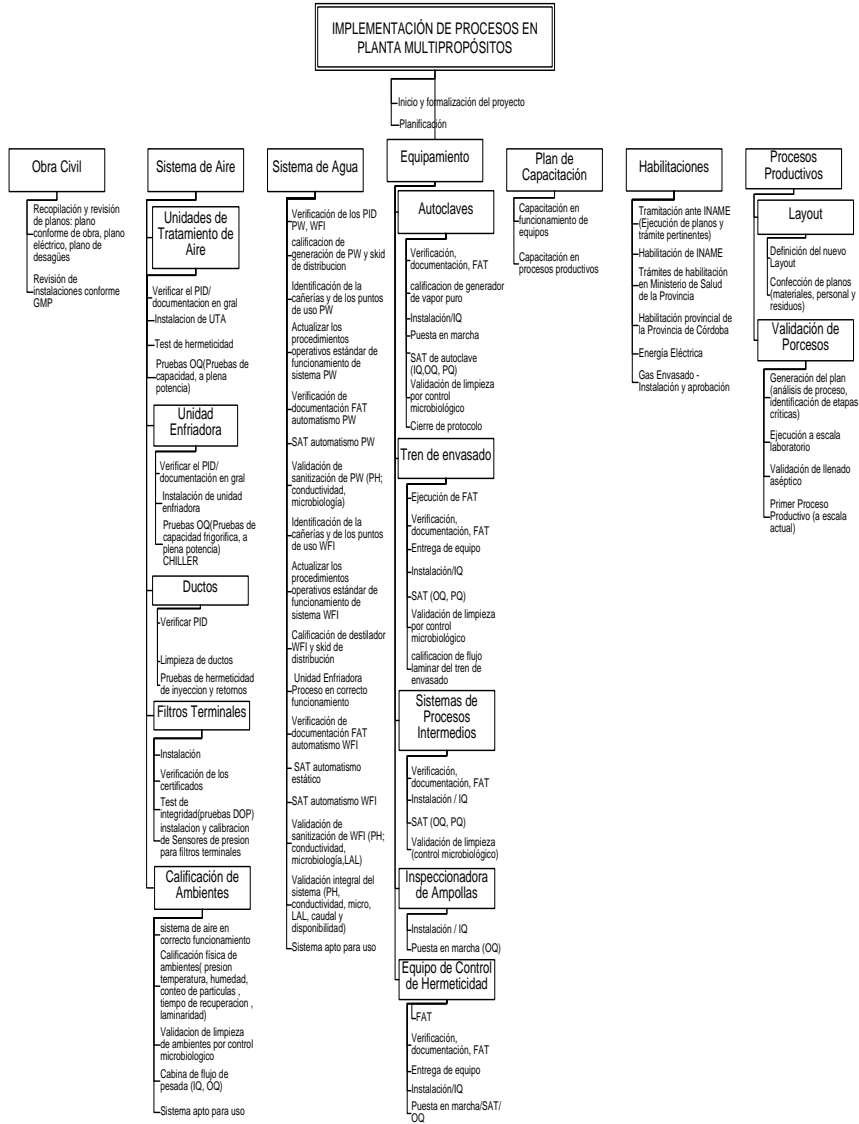
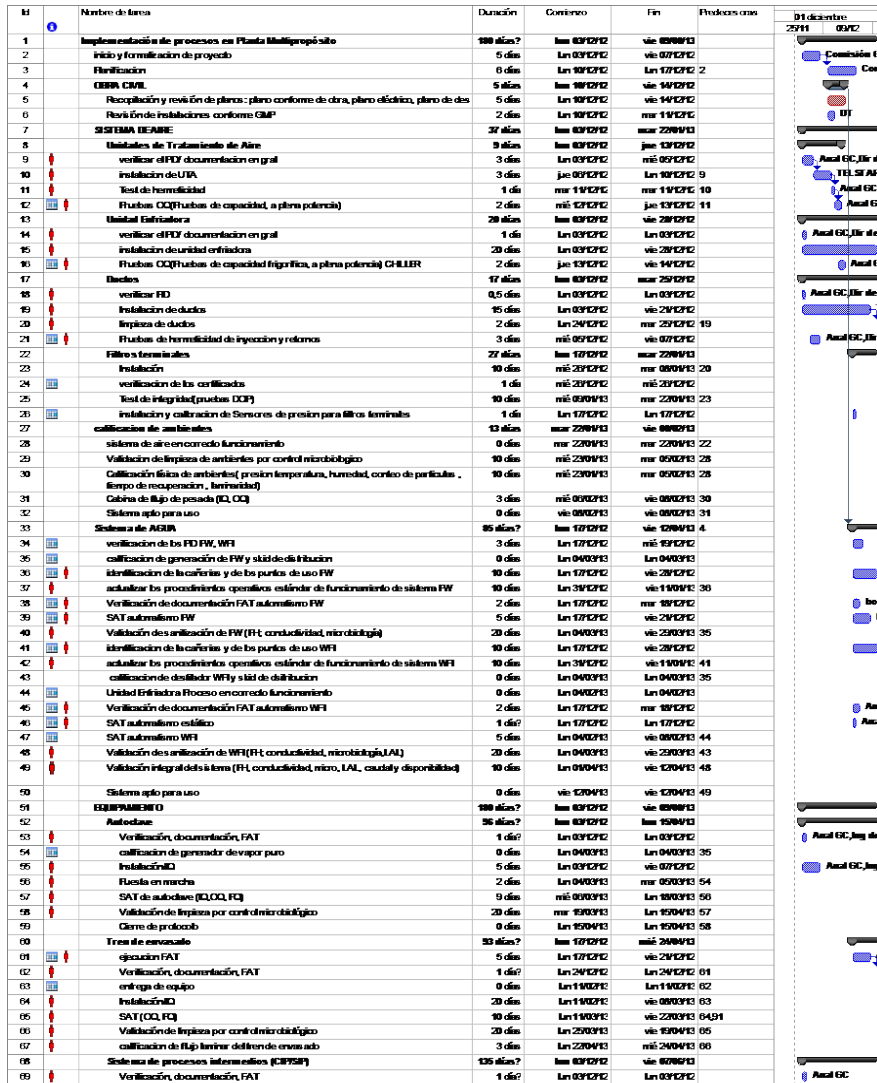


FIGURA 7. Project con Diagrama de Gantt



3. CONCLUSIONES

La aplicación de un enfoque multi metodológico a la problemática planteada: “Poner en marcha una planta productora de medicamentos del tipo inyectables en el ámbito de la Universidad Nacional de Córdoba”, teniendo en cuenta sus requerimientos normativos para su habilitación, necesidades de servicio para el desarrollo de los procesos productivos que allí se llevarán a cabo, incorporación de nuevas tecnologías y definición de un nuevo Layout, se justifica en virtud de que se trata de un proyecto complejo, con un alto grado de incertidumbre y elevado riesgo de no lograr el resultado deseado.

El proyecto planteado se encuentra además inmerso en un Programa de Expansión edilicia, donde además de la Nueva planta Multipropósitos, también se encuentran incluidas las nuevas plantas de Agua, Formulaciones, Fraccionamiento, entre otras.

La aplicación del SSM ha brindado un enfoque sistémico al análisis del problema, lo que aumenta la posibilidad de que se identifiquen y consideren los elementos más importantes del mismo. Obviamente, esto hace suponer que las soluciones propuestas pueden ser convenientes y que se incrementa la posibilidad de que dichas acciones cuenten con el respaldo de todas las partes interesadas.

Una cuestión destacable es que las distintas metodologías utilizadas en el presente trabajo han sido adoptadas por la organización e incorporadas a sus dinámicas habituales, sin dificultades destacables. Esto hace suponer que en el futuro, se realizaran nuevas aplicaciones de estas herramientas.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gryna F, Chua R y Defeo J (2007): “Método Juran. Análisis y planeación de la calidad”. McGraw-Hill, New York.
- Checkland P. (1981): “Rethinking a systems approach”. *Journal Applied Systems Analysis*. 8, pp 3-14.
- Checkland P. (2000): “Soft systems methodology: a thirty year retrospective”. *Syst Res BehavSci* 17, pp. 11–58
- Franco L & Montibeller G (2011): “On-The-Spot. Modeling and Analysis: The Facilitated Modeling Approach”. *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science*. DOI: 10.1002 / 9780470400531. eorms0975.

- Georgiou I. (2006): "Managerial Effectiveness from a System Theoretical Point of View". *Systemic Practice and Action Research* 19:441–459.
- Georgiou I. (2008): "Making decisions in the absence of clear facts". *European Journal of Operational Research* 185, 299–321.
- Mingers J (2011): "Soft OR comes of age – but not everywhere!". *Omega*, doi: 10.1016 / j.omega. 2011.01.005
- Rosenhead J & Mingers (2004): "Análisis racional reestudiado para un mundo problemático: métodos para estructurar problemas en condiciones de complejidad, incertidumbre y conflicto". Instituto Venezolano de Planificación, España.